

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Botanika



Bc. Nikol Vacková

Úloha ochozů volně žijících kopytníků ve vegetaci teplomilných travníků
(The role of trampling trails of wild ungulates in the vegetation of semi-dry grasslands)

Diplomová práce

Školitel: Mgr. Eva Horčíčková

Praha 2015

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 13.08.2015

.....
Nikol Vacková

Poděkování

Chtěla bych především poděkovat své školitelce Evě Horčíčkové za to, že mi neváhala poskytnout cenné rady a velice mi pomohla při plánování pokusů i jejich analyzování a hlavně že se mnou měla svatou trpělivost při psaní diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat celé Doupovské sekci za spolupráci a důležité poznámky a nápady z našich setkání. Nemalé poděkování patří všem členům katedry botaniky za pomoc, pracovní podmínky a všechny jejich rady a kritiky.

Zároveň bych chtěla poděkovat Matěji Hlavičkovi, že mi pomohl při zakládání transplantačního experimentu a vždy byl ochoten mě vyslechnout a poradit mi, když jsem byla v koncích. Poděkování patří i Petru Kordovi, za jeho pomoc při zpracování mapových podkladů a jiný pohled na věc.

Chtěla bych také poděkovat Kubovi Soukupovi, že mi byl neutuchající oporou a měl se mnou trpělivost, když jsem se rozčilovala a nervovala před zkouškami i při psaní diplomové práce. Zároveň mu patří neskonale díky za to, že mi byl věrným řidičem, nosičem vybavení a zapisovatelem, když jsem pracovala v terénu a bez jeho pomoci bych to nejspíše nezvládla.

Závěrem bych chtěla poděkovat své rodině, že mě psychicky i finančně podporovala, ačkoliv je jim oblast mého studia značně vzdálená a už dávno vzdali snahu to pochopit.

ABSTRAKT

Živočichové ovlivňují vegetaci v mnoha různých směrech. V této práci jsme se zaměřili na vliv volně žijících kopytníků u nás (prase divoké, jelen evropský, jelen sika, srnec obecný). Tito živočichové ovlivňují vegetaci pastvou, okusem, defekací, procházením a dalšími činnostmi. Rozhodli jsme se studovat vliv procházení. Procházením zvířat se v krajině tvoří ochozy, které při dlouhodobém procházení mohou být viditelné již na první pohled. To je způsobeno zejména sešlapem, který ovlivňuje vegetaci různými způsoby. Cílem této práce je zjistit, jak vegetace teplomilných trávníků (*Festuco-Brometea*) reaguje na dlouhodobý sešlap způsobený divokou zvěří. Zjistili jsme, že na ochozu se vyskytuje větší množství odhalené půdy, méně stařiny a výrazně nižší vegetace, než ve vzdálenosti 2 metry od ochozu. Na ochozu a v jeho těsné blízkosti je mírně vyšší diverzita rostlin, než v kontrolních snímcích. Přímo na ochozu se vyskytují druhy přizpůsobené sešlapu, jako je *Plantago media*, zatímco 2 metry od ochozu už se začínají vyskytovat drobné keře (např. *Rubus*, *Crataegus*). Pomocí Ellenbergových hodnot jsme zjistili, že na ochozu rostou spíše světlomilné druhy a v kontrolách druhy potřebující větší vlhkost a více dusíku. Pomocí transplantačního experimentu jsme zjistili, jak vegetace reaguje na zavedení / vyloučení sešlapu. Tento typ vegetace se této disturbanci přizpůsobí již po jednom roce.

Klíčová slova: ochozy zvěře, sešlap, teplomilné trávníky, půdní disturbance, kopytníci, vegetace, transplantační experiment

ABSTRACT

Animals affect vegetation in many different ways. In this thesis we have focused on the impact of wild ungulates in the Czech Republic (wild boar, red deer, sika deer, roe deer). These animals affect vegetation with grazing, defoliation, defecation, browsing and other activities. We decided to study the effect of browsing. The animal trails are formed by browsing animals. These trails can be easily recognized due to long-term browsing. They are especially caused by trampling, which affects vegetation in many ways. The aim of this study is to determine how the vegetation of dry-grasslands (*Festuco-Brometea*) responds to long-term trampling caused by wild ungulates. We found that on trails, there is more bare soil, less litter and lower vegetation. In its close proximity, there is also a slightly greater diversity of plants than in control samples. Species like *Plantago media* which are growing straight on the trail, have adapted to trampling, while smaller shrubs (eg. *Rubus*, *Crataegus*), start to appear 2 meters from the trail. Using Ellenberg values, we found out that heliophile species, which grow on the trails and the species in control samples need more moisture and more nitrogen. Using the experiment with transplanted blocks, we learned how vegetation responds to the introduction/exclusion of trampling. Dry-grasslands adapt to this type of disturbance already after one year.

Keywords: trampling trails, trampling, dry-grasslands, soil disturbance, ungulates, vegetation, transplantation experiment

Obsah

1. Úvod	8
2. Literární přehled	10
2.1 Sešlap	10
2.2 Teplomilné trávniky <i>Festuco-Brometea</i>	13
2.3 Studované území	14
3. Cíle práce	16
4. Metodika	17
4.1 Studium vlivu dlouhodobého sešlapu na vegetaci	17
4.1.1 Výběr území pro umístění transektů	17
4.1.2 Sběr dat	18
4.2 Studium vlivu zavedení / vyloučení sešlapu	20
4.2.1 Výběr území pro umístění transplantačního experimentu	20
4.2.2 Sběr dat	21
4.3 Zpracování dat	23
4.3.1 Studium vlivu dlouhodobého sešlapu na vegetaci	23
4.3.2 Studium vlivu zavedení / vyloučení sešlapu	24
5. Výsledky	25
5.1 Studium vlivu dlouhodobého sešlapu na vegetaci	25
5.1.1 Počet druhů rostlin	25
5.1.2 Stařina	26
5.1.3 Odhalená půda	28
5.1.4 Vliv vzdálenosti od ochozu na druhové složení rostlin	28
5.1.5 Výška vegetace	31
5.1.6 Ellenbergovy hodnoty dusíku, vlhkosti a světla	34
5.1.7 Frekvence průchodů spárkaté zvěře	35
5.2 Studium vlivu zavedení / vyloučení sešlapu	37
5.2.1 Druhové složení drnu při zavedení sešlapu	38
5.2.2 Druhové složení drnu při vyloučení sešlapu	39
5.2.3 Zapojení prohozených drnů do vegetace v druhém roce	40
5.2.4 Změna vegetace mezi lety 2013 a 2014 po zavedení/vyloučení sešlapu	40
6. Diskuze	44
6.1 Studium vlivu dlouhodobého sešlapu na vegetaci	44
6.1.1 Diskuze použité metody	44

6.1.2 Počet druhů rostlin	45
6.1.3 Vzdálenost od ochozu	46
6.1.4 Stařina	47
6.1.5 Odhalená půda.....	49
6.1.6 Výška vegetace.....	49
6.1.7 Frekvence průchodů spárkaté zvěře	51
6.2 Studium vlivu zavedení / vyloučení sešlapu	53
6.2.1 Diskuze použité metodiky	53
6.2.2 Vliv zavedení a vyloučení sešlapu	54
6.2.3 Míra beta-diverzity	55
7. Shrnutí	57
8. Závěr.....	58
9. Přehled použité literatury	59
10. Přílohy	67

1. Úvod

Živočichové ovlivňují vegetaci mnoha různými způsoby. Kopytníci ji ovlivňují např. pastvou, okusem, defekací, sešlapem, mechanickým poškozováním půdy při hrabání kopyty a procházením, při kterém se roznášejí semena a kusy rostlin po okolí (Bates 1935, Danell et al. 2003, Tschöpe et al. 2011, Dovrat et al. 2012). Stezky vytvořené průchodem zvířat se v krajině vyskytují ve velkém množství a v případech intenzivních či dlouhodobých průchodů jsou patrné již na první pohled. Odlišují se od okolní vegetace v mnoha směrech, například jsou tvořeny holou půdou (Hiltbrunner et al. 2012), menším množstvím stařiny než se nachází v okolní vegetaci (Menke 1992), rostou zde odlišné druhy, přizpůsobené sešlapu, vegetace je již na pohled mnohem nižší (Pickering & Growcock 2009). Pro stálou stezku vytvořenou pravidelným opakujícím se procházením kopytníků používám v této práci myslivecký termín: ochoz (Rakušan 2007).

Kopytníci svým procházením doprovázeným dalšími činnostmi ovlivňují druhovou bohatost rostlin v blízkém okolí. V závislosti na četnosti průchodů počet druhů rostlin na ochozu stoupá či klesá (Cole 1987) a stejně tak jejich pokryvnost. Reakce rostlin na sešlap závisí na několika faktorech: jejich odolnosti, morfologii a fázi životního cyklu, ve kterém se právě nacházejí, a také na podmínkách prostředí ve kterém zrovna rostou (Gallet & Roze 2001). Vegetace podobná dnešním trávníkům je kopytníky ovlivňována už několik milionů let, od doby vzniku pastvin v dobách posledního kenozoika (Bodmer & Ward 2006). V důsledku tohoto dlouhého působení kopytníků se dá předpokládat, že trávníky jsou sešlapu nejvíce přizpůsobeny a nejlépe mu odolávají (Cole 1987). Právě díky této adaptaci na sešlap se krátkodobý sešlap neprojeví vůbec, nebo jen velice nepatrně. Změny viditelné pouhým okem se na takto odolné vegetaci projeví pouze při dlouhodobém či velice intenzivním sešlapu.

V České republice se můžeme setkat pouze s omezeným množstvím druhů volně žijících kopytníků oproti například africké savaně. O co méně druhů zde žije, o to větší jsou jejich populace, které se v současnosti stávají podle některých

názorů přemnoženými. Čím více se v dané krajině vyskytuje zvířat, tím intenzivnější vliv mají na vegetaci a tím intenzivnější je i vliv sešlapu.

Zajímavé je sledovat, co se stane, při experimentálním zavedení či vyloučení sešlapu. Mnoho studií se zabývá zavedením sešlapu, kdy je zvolena neovlivněná vegetace, ve které se projde předem stanoveným počtem průchodů po jedné trase určitý počet lidí, případně jezdců na koních, motorkách, atd. (Weaver & Dale 1978, Cole & Spillie 1998). Studií, které se zabývají vyloučením sešlapu, je také dost. Zejména ty, které se zabývají vyloučením sešlapu způsobeného turisty v Národních parcích a dalších chráněných oblastech. Vyloučením sešlapu u zvířat se však již tolik studií nezabývá. Vyloučit vliv sešlapu zvířat lze prakticky pouze dvěma způsoby: 1) postavením bariér zamezujících přístupu zvěře, 2) vykopáním drnu se sešlapávanou vegetací a jeho přenesení do nesešlapávané vegetace. Na základě zajímavých výsledků jsme se rozhodli zjistit vliv sešlapu experimentálně jeho zavedením do méně ovlivněné vegetace a vyloučením z již ovlivněné vegetace právě pomocí přenesení drnů.

2. Literární přehled

2.1 Sešlap

Termín sešlap je v celé této práci používán ve významu disturbance vegetace způsobované opakovaným procházením živočichů. Zatímco většina studií se zabývá antropogenním sešlapem (Roovers et al. 2004, Rusterholz et al. 2009, Jenešová 2010; Česková 2011), případně sešlapem hospodářských zvířat na pastvinách (Hejzman et al. 2005, Dostálek 2008), studií, které by se zabývaly sešlapem volně žijících herbivorů není publikováno mnoho. Ač by se mohlo zdát, že sešlap hospodářskými zvířaty (ovce, kozy, skot, koně) a volně žijícími kopytníky bude mít na vegetaci stejný vliv, není to pravda. Rozdíl spočívá zejména v tom, že hospodářská zvířata mají k pohybu omezený prostor, jejich množství na danou plochu je mnohem vyšší. Určitý vliv má také lidská manipulace se zvířaty.

Dopad sešlapu způsobeného volně žijícími kopytníky byl dosud studován pouze na ekologicky zajímavých či významných lokalitách, jako jsou vřesoviště, písčné duny, deštné pralesy, atd. (Gallet & Roze 2001, Pellerin et al. 2006). Tyto biotopy jsou typické tím, že jsou náchylnější k poškození i krátkodobým sešlapem a to ve velké míře. Ve vegetaci typu suchomilných trávníků se sešlap projeví až po dlouhém časovém úseku a to jen v případě vyšších frekvencí zvířecích průchodů.

Svůj experiment jsem se rozhodla umístit na suchomilné trávníky třídy *Festuco-Brometea* v Doupovských horách, kde volně žijící kopytníci mohou procházet po stejných trasách již několik desítek let bez omezení. Dopad sešlapu se mnohem více projeví na vlhkých půdách, než na suchých stráních (Edmond 1963), proto se dá předpokládat, že místní ochozy se tu vyskytují už řadu let (potvrzeno nepublikovanými daty Mgr. Horčíčkové). Dalším důvodem pro zvolení této lokality je i teorie, že travinná vegetace je nejvíce uzpůsobena odolání vůči sešlapu (Cole 1987), důsledkem čehož se zde výrazně projeví pouze dlouhodobý sešlap.

Velký vliv na vegetaci v blízkém okolí ochozu má kromě samotného sešlapu i chování jednotlivých zvířat. Zvířata během svého procházení vegetací

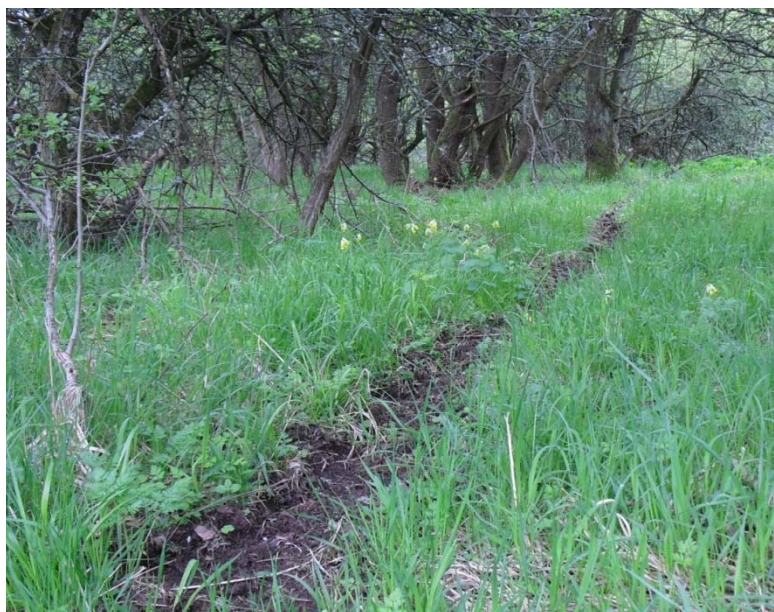
ovlivňují rostliny mimo jiné také defekací, okusem, pastvou, rytím kopyt a roznosem semen a částí rostlin na své srsti, kopytech a uvnitř trávicího traktu (Nováková 2008, Majid et al. 2011, DiTommaso et al. 2014). Při sledování zvířecích ochozů nemůžeme tyto jednotlivé činnosti ovlivňující okolní vegetaci od sebe oddělit. Zvířecí chování musíme tedy brát jako soubor faktorů, kde každá jednotlivá činnost má určitý dopad na vegetaci. Jako příklad si můžeme uvést defekaci, která ovlivňuje chemické složení půdy (Mohr et al. 2005, Moe & Wegge 2007), hrabání kopyty ovlivňuje strukturu a kompaktnost půdy (Dunne et al. 2011), okusování a pastva snižuje fitness jednotlivých rostlin (Russell et al. 2001), množství stařiny (Facelli & Pickett 1991) a celkově výšku vegetace (Bakker et al. 1983, Cole & Bayfield 1993), atd. Prokázaný vliv má mimo jiné i velikost zvířat a zejména velikost a plocha jejich kopyt (Cumming & Cumming 2003), přičemž koně a skot jsou těžší a mají větší kopyta, než naši volně žijící kopytníci.

Kdybychom se pokusili oddělit vliv samotného sešlapu (což lze pozorovat pouze u antropogenního sešlapu), tak sešlap sám o sobě způsobuje ve vegetaci obnažení půdy, snížení pokryvnosti rostlin, snížení výšky vegetace a má za následek zvýšenou mortalitu semenáčků v důsledku jejich poškození (Dannel et al. 2003). Všechny tyto faktory vedou ke změně mikrostaniště ochozu, jako je jeho teplota kvůli obnažení (v létě dochází k vyššímu prohřívání půdy, v zimě naopak k většímu promrzání), změna vodního režimu vzhledem k většímu výparu vody (Kobayashi et al. 1997), snížená dostupnost živin vlivem menší pórovitosti půdy (Betteridge et al. 1999, Kissling et al. 2009), zvýšení dopadu slunečního záření (Li et al. 2014) a otevření tzv. gapů, volného prostoru pro růst konkurenčně slabších rostlin.

Vegetace se vlivem sešlapu nemění pouze na samotném ochozu, ale je ovlivněna i v blízkém okolí. Podle studie Weaver & Dale (1978) je vegetace měřitelným způsobem ovlivněna až do vzdálenosti 2 metry od cesty. Po této vzdálenosti už se mění jen velice nepatrně. Reakce rostlin na sešlap může být velice rozdílná. V důsledku snížené dostupnosti vody a živin některé druhy rostlin zcela usychají a tím se dočasně snižuje druhová bohatost stanoviště (Kobayashi et al. 1997). Na druhou stranu pokud jsou rostliny vystaveny dlouho trvajícimu pravidelnému sešlapu, dochází u nich k přizpůsobení a diverzita stanoviště se zvýší o druhy odolné vůči sešlapu (Begon 1997).

Rostliny na ochozech jsou pod neustálým či opakujícím se tlakem ze strany herbivorů a proto u nich dochází k různým přizpůsobením. Rostliny rostoucí preferenčně na sešlapávaných stanovištích se přizpůsobují sešlapu svou životní formou. Nejčastěji tak nalezneme na ochozu rostliny tvořící přízemní růžice listů, rostoucí v kompaktních trsech, nebo s popínavými oddenky a výběžky (Bates 1935, Kobayashi et al. 1997). Jednou z dalších reakcí rostlin na sešlap je také výrazně nižší vzrůst rostliny a růst bočních odnoží a větví, čímž se rostlina zvětšuje do šířky a může tak obsadit více prostoru (Gordon & Prins 2008).

Důležitým faktorem je frekvence, délka trvání a intenzita sešlapu. Dlouhodobý pravidelný sešlap má na vegetaci výraznější vliv, než krátkodobý. Při krátkodobém sešlapu dochází k poškození současných rostlin, bez vlivu na další generace, zejména k poškození malých semenáčků. Naproti tomu dlouhodobý sešlap vede k lepší viditelnosti ochozu (viz Obr. 1), k nízkému vzrůstu původních druhů na ochozu, usazení nových sešlapu-odolných rostlin a výrazně se tak mění druhové složení vegetace (Kissling et al. 2009). V populárně naučné literatuře Mezi divočáky (Meynhardt 1983) je pozorováno, že zvířecí ochozy se po řadu generací objevují na těch stejných místech jako rok předtím, což potvrzují i nepublikovaná data Mgr. Horčíčkové pocházející přímo z Doupovských hor. Lze tedy předpokládat, že k sešlapu zde dochází již delší dobu a považujeme ho tedy za dlouhodobý sešlap.



Obr. 1: ochoz viditelný ve vegetaci pouhým okem.

2.2 Teplomilné trávníky *Festuco-Brometea*

Nejodolnějším typem vegetace vůči sešlapu se jeví trávníky. Trávy jsou oproti bylinám adaptované na pastvu spojenou se sešlapem, a to zejména proto, že mají pupeny umístěné nízko při zemi, čímž jsou dobře chráněné před okusem a sešlapem. Také mají dobře ohebná stébla a úzké listy. Díky pružnosti listů a stébla se rostlina při sešlápnutí nezlomí, naopak se rychle navrátí zpátky do původního postavení (Raunkiaer 1934, Cole 1995). Další jejich výhodou je vegetativní šíření, které jim umožňuje rychle obsadit volný prostor na ochozu (Bates 1935). Druhy nejčastěji se vyskytujícími na ochozech a dalších sešlapávaných stanovištích jsou jilek vytrvalý (*Lolium perenne*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), jitrocel (*Plantago* spp.), psineček (*Agrostis* spp.) a další (Slavíková 1986).

Do třídy *Festuco-Brometea* řadíme vegetaci suchých trávníků rostoucích na živinami chudých a často vápnitých půdách v teplých oblastech (Chytrý 2010). V Doupovských horách jsou tyto trávníky sekundární, tedy se sem rozšířily v době, kdy místní krajina přestala být pastevně využívána a území se stalo naprosto opuštěným. V současné době dochází k zarůstání těchto stanovišť křovinami.

V Evropě rostou suché trávníky zejména na vrcholcích kopců a svazích orientovaných jižně, jihovýchodně nebo jihozápadně a nejenak je tomu i v našem studovaném území. Většina zkoumaných ochozů se vyskytuje právě na jižně orientovaných svazích. Vznikají tady velké teplotní rozdíly mezi dnem a nocí, ale i mezi létem a zimou (Slavíková 1983). Kvůli nízkým srážkám zde nerostou stromy, ani velké keře, ale pouze traviny, jiné byliny a drobné keříky. V zimě se tvoří pouze mělká sněhová pokrývka, která poskytuje nedostatečnou ochranu před mrazy. Na jaře půda rychle prosychá, čímž jsou omezeni půdní dekompozitoři. Půdy jsou většinou mělké a příliš nezadržují vodu. Sucho zde způsobuje nízkou dostupnost živin (Tyler 2003).

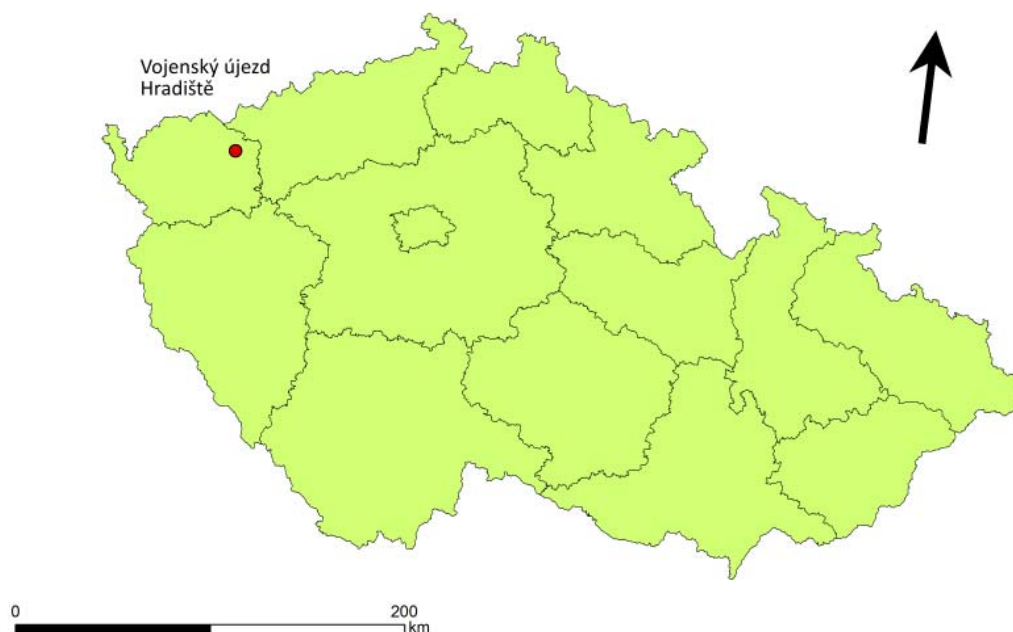
Tyto nepříliš příznivé podmínky pro rostliny zde umožňují růst mnoha adaptovaných druhů, které nepotřebují tolik vody a živin, vyžadují však dostatek světla a tepla, zejména ve vegetačním období. Proto zde převažují hemikryptofyty,

zejména se skleromorfní stavbou těla a malými či úzkými listy. Listy jsou navíc často svinuté (např. trávy rodu kostřava (*Festuca*)), nebo s voskovým povlakem odrážejícím sluneční záření, či s hustým ochlupením (např. jestřábník chlupáček (*Hieracium pilosella*)). Mnoho druhů navíc vytváří vytrvalé podzemní orgány, jako jsou cibule, nebo oddenky. Vyskytuje se zde i dost druhů se sukulencí, jako je např. rozchodník (*Sedum* spp.) (Chytrý 2010).

2.3 Studované území

Jako vhodné studované území pro výzkum vlivu zvířecích ochozů jsem zvolila Vojenský újezd Hradiště nacházející se v Doupovských horách v Karlovarském kraji (Obr. 2). Vybrané lokality se nalézají v blízkosti zaniklých obcí Tocov a Lipoltov.

Tato krajina byla v minulosti silně zemědělsky obhospodařována, nacházely se zde zejména sady, pole, pastviny a zahrady, ale i hospodářské a obytné budovy, ale od doby zřízení vojenského areálu v roce 1953 je krajina opuštěna a ponechána ladem a uzavřena pro veřejnost. Část Vojenského újezdu Hradiště je ve správě Vojenských lesů a statků, proto jsou některé oblasti využívány lesníky k těžbě dřeva. Kvůli poměrně vysokým stavům zvěře dochází také k úpravám vegetace, jako jsou průklesty v blízkosti posedů. V celé Evropě dnes můžeme sledovat přirozenou sukcesi na opuštěných polích a v okolí bývalých lidských sídel (Coffin et al. 1996). Ze všech těchto důvodů (izolovanost, opuštěnost, probíhající sukcese) je oblast již několik let podrobována botanickému zkoumání (Drhovská 2007, Vojta 2007, Horčíčková 2010 a další)



Obr. 2: mapa ČR - vyznačení Vojenského újezdu Hradíště, zpracováno v programu ArcGis.

Nepočítáme-li hospodářský les a sekundární lesy, je zde vegetace složena převážně z hustých křovin s dominancí hlohu (*Crataegus* spp.) a bezlesí různé velikosti tvořených semi-xerothermními trávničky třídy *Festuco-Brometea*. Jednotlivá bezlesí jsou hlohovými křovinami od sebe oddělena a jsou protkána spleťtí sítí zvířecích ochozů. Tyto ochozy se na mnoha místech kříží, proplétají hlohovými křovinami a propojují jednotlivá bezlesí.

Pro studium sešlapu je tato oblast vhodná zejména z důvodu relativní absence lidského vlivu jak na vegetaci, tak i na zvířata. Zaměřila jsem se na procházení volně žijících kopytníků. V dané oblasti se z kopytníků volně vyskytuje jelen evropský (*Cervus elaphus*), jelen sika (*Cervus nippon nippon*), srnec obecný (*Capreolus capreolus*), muflon (*Ovis orientalis musimon*) a prase divoké (*Sus scrofa*).

3. Cíle práce

Ze studia současné literatury vyplývá několik otázek, jimž dosud nebyla věnována pozornost. Jedná se zejména o vliv dlouhodobého sešlapu volně žijících kopytníků na vegetaci, který řeším ve své práci. Bohužel není v možnostech jedné diplomové práce zpracovat všechny otázky, proto vzhledem k možnostem modelového území byly vybrány následující:

1. Obohacuje dlouhodobý sešlap druhové složení teplomilných trávníků?
2. Jak se mění vlastnosti vegetace se vzdáleností a umístěním od ochozu?
3. Jaký vliv má zavedení / vyloučení sešlapu na vegetaci? Jak rychle vegetace reaguje na zavedení / vyloučení sešlapu?

4. Metodika

4.1 Studium vlivu dlouhodobého sešlapu na vegetaci

4.1.1 Výběr území pro umístění transektů

Plochy pro studium sešlapu jsem umístila na bezlesí tvořená teplomilnými trávničky. Tyto plochy byly stratifikovaně náhodně vybrány už dříve pro potřeby disertační práce Mgr. Evy Horčíčkové. Vybraná bezlesí se vyskytují na jižních svazích. Na vybraných 60 plochách byly od května 2011 rozmístěny fotopasti sledující chování zvířat na dané ploše. Na základě videosekvencí z těchto fotopastí byla zaznamenána a vypočítána frekvence průchodů kopytníků a bylo vyloučeno 5 ploch, které nesplňovaly předem stanovená kritéria:

- Více jak polovina kopytníků prošla po stejné trase – jako dostačující frekvence průchodů bylo zvoleno minimálně 10 zaznamenaných průchodů zvěře po stejné trase během 10 dní (Příloha 3)
- Umístění na nepříliš členitém terénu (bez přírodních překážek, depresí, příkopů, apod.)
- Korunové patro stromů nesmělo zasahovat nad ochozy

Tyto plochy byly následně v terénu dohledány pomocí GPS souřadnic. Přímo na místě bylo třeba ještě některé plochy vyřadit a to v případě, že nebylo dohledatelné přesné umístění ochozu dle videosekvencí, nebo v případě, kdy se krajina výrazně změnila a již zde nebylo možné transekt umístit (např. vlivem lesníků byla plocha zničena). Po těchto eliminacích je výsledný počet ploch s osnímkanými transekty 49 (viz Obr. 3). Na základě videosekvencí jsem u každé plochy zakreslila rozmístění důležitých bodů (stromů, kamenů, apod.) a jejich pozici vůči ochozu, aby ochozy byly v terénu snáze dohledatelné.



Obr. 3: Mapa části vojenského újezdu Hradiště, podél tankové cesty vedoucí z Jakubova. Zobrazení ploch, na kterých byly snímkovány transepty v letech 2013 a 2014, zpracováno v programu ArcGis podle souřadnic z GPS (Příloha 1) (podkladová mapa použita z portálu <http://geoportal.cuzk.cz>).

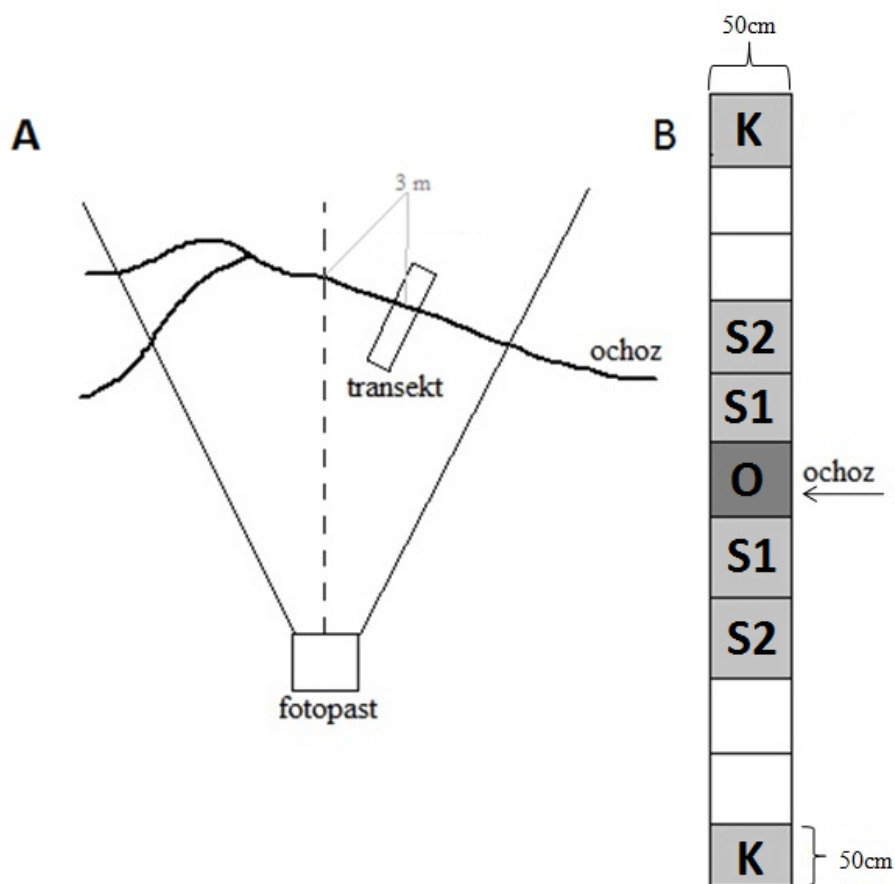
4.1.2 Sběr dat

Na 49 vybraných plochách jsem umístila transepty kolmo na ochoz tak, aby ochoz procházel přímo uprostřed transektem. Abych se vyvarovala subjektivního výběru umístění na ploše, umístila jsem transekt na ochoz přímo před fotopast a posunula ho o 3 metry do strany v rámci ochozu. Toto posunutí bylo vedeno vždy tak, aby pokud možno žádný konec transektu nezasahoval pod stromy či keře (Obr. 4 A). Abych zachytila gradient změn s různou vzdáleností od ochozu, zvolila jsem délku transektu 5,5 m a šířku 0,5 metru. Snímkování transektů probíhalo od června do srpna 2012 a od června do srpna 2013.

V transektu jsem udělala 7 fytocenologických snímků (50×50 cm), přičemž jeden snímek ležel na ochozu, další dva snímky z každé strany ochozu a po jednom snímku na krajích, jako kontrola (Obr. 4 B). Ve fytocenologických snímcích jsem zaznamenala v procentuálním zastoupení všechny druhy cévnatých rostlin, přítomnost mechů, stařinu a holou zem. Pomocí buzoly jsem zjistila umístění ochozu vzhledem ke svahu a ke světovým stranám, pomocí sklonoměru

sklon svahu v místě ochozu a zaznamenala jsem přítomnost mravenišť v nejbližším okolí. Většina ochozů je umístěna na jižních svazích a má východo-západní orientaci, vedou tedy po vrstevnici.

V červnu 2014 jsem na všech již osnítovaných transektech změřila pomocí cd metody výšku vegetace a to ve všech sedmi snímcích. V každém snímku jsem měřila výšku vegetace na pěti různých místech – v každém rohu snímku a přímo uprostřed snímku a poté jsem spočítala průměrnou hodnotu pro každý snímek zvlášť.



Obr. 4: Schematické znázornění umístění transektu na ploše (A) a rozložení fytocenologických snímků v rámci jednoho transektu (B).

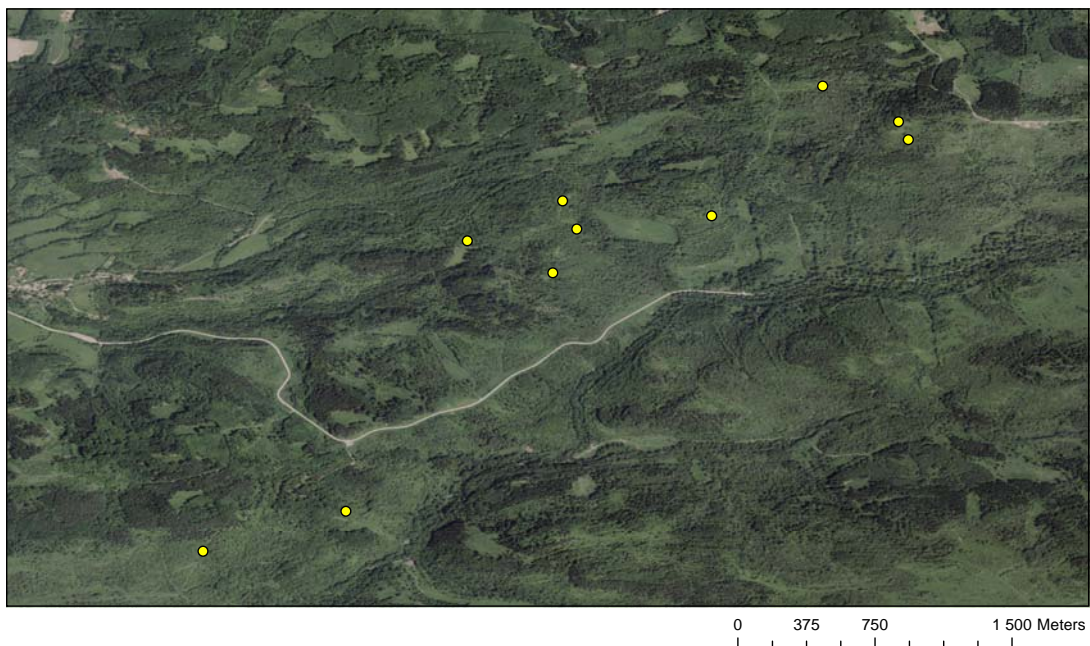
4.2 Studium vlivu zavedení / vyloučení sešlapu

4.2.1 Výběr území pro umístění transplantačního experimentu

Plochy pro dlouhodobé studium reakce vegetace na zavedení či vyloučení sešlapu jsem umístila opět na bezlesích vybraných pomocích záznamů z fotopastí. Ze 49 sledovaných bezlesí bylo vybráno několik ploch, které musely splňovat předem stanovené podmínky:

- Korunové ani keřové patro nesmělo zasahovat nad ochoz
- Půda nesměla být příliš mělká a kamenitá
- Na ochozu a v jeho blízkosti nesměly být přirozené překážky, jako jsou mraveniště, kameny a spadané větve

Kromě těchto podmínek musela být zavedena ještě jedna a to, že plochy musely být umístěny v pěší vzdálenosti od obce Jakubov, tedy v blízkosti vstupu do vojenského újezdu a to kvůli lepší dosažitelnosti s terénním vybavením. I vzhledem k náročnosti založení experimentu bylo vybráno 20 ploch, některé však musely být na místě vyřazeny a to v případě, kdy byla plocha zničena lesníky (během léta probíhalo v krajině odstraňování keřů a stromů lesnickou technikou), nebo v případě, kdy již byla plocha používána na jiné probíhající experimenty. Nakonec bylo pro umístění transplantů vybráno 15 ploch, do roka 2014 jich však zůstalo pouze 10 (Obr. 5).



Obr. 5: Mapa části vojenského újezdu Hradiště, podél tankové cesty vedoucí z obce Jakubov. Zobrazení ploch se založenými transplantačními experimenty v roce 2014 (tedy pouze 10 ploch), zpracováno v programu ArcGis podle souřadnic z GPS (Příloha 2) (podkladová mapa použita z portálu <http://geoportal.cuzk.cz>).

4.2.2 Sběr dat

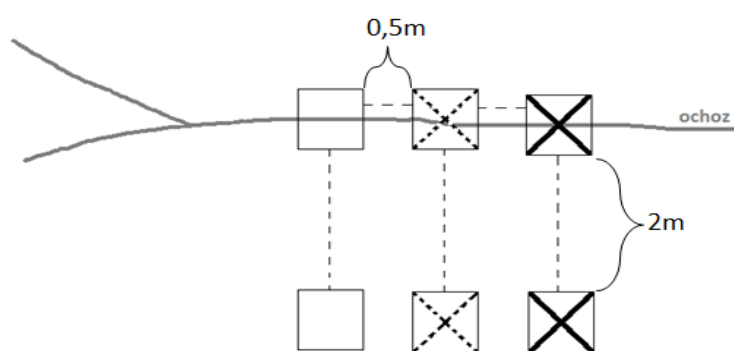
Na 15 vybraných plochách byl v červnu 2013 založen transplantační experiment. Na každé ploše bylo vymezeno šest čtverců o velikosti 50×50 cm tak, aby tvořily tři dvojice (viz Obr. 6). Jeden čtverec z dvojice byl vždy umístěn na ochozu, druhý čtverec byl umístěn kolmo na ochoz, dva metry od prvního (tedy mimo ochoz). Mezi jednotlivými dvojicemi byl ponechán prostor 0,5 až 1 m a to zejména kvůli manipulaci se čtverci. Všechny čtverce jsme označili hřebíky pro snazší dohledání při snímkování v dalším roce. S každou dvojicí pak bylo nakládáno odlišně.




Vegetace v první dvojici čtverců byla pouze osnímkována. Bylo zaznamenáno procentuální zastoupení všech druhů cévnatých rostlin, přítomnost mechů a cizích těles (kameny, větve), množství stařiny a holé půdy.

Vegetace v druhé dvojici čtverců byla osnímkována stejným způsobem jako dvojice první. Poté byly oba čtverce vykopány pomocí lopaty a rýče ze země, drn vyjmuty tak, aby došlo k přerušení všech kořenů a následně byly vráceny na původní místo. V některých případech bylo třeba drn rýčem rozdělit na polovinu, aby bylo možno ho celý vyjmout. Drn se kopal do hloubky cca 30 cm.

Vegetace ve třetí dvojici čtverců byla opět osnímkována stejným způsobem jako dvojice předchozí a poté vykopána ze země do hloubky cca 30 cm. Tato dvojice však nebyla vrácena na původní místo, ale jejich pozice se prohodily. Došlo tedy k tomu, že drn se sešlapávanou vegetací z ochozu byl zaimplementován do neovlivněné vegetace, zatímco drn s vegetací neovlivněnou sešlapem byl zasazen do ochozu a vystaven tak vlivu procházejících zvířat.

Vegetace ve všech čtvercích byla osnímkována znovu další rok (červen 2014), pokud tomu podmínky dovolily.



-  Čtverec osnímkován a ponechán v původním stavu
-  Čtverec osnímkován, vykopán a drn ponechán na původním místě
-  Čtverec osnímkován, vykopán a drn ve dvojici prohozen

Obr. 6: Schematické znázornění rozmístění transplantačního experimentu vůči ochozu na ploše.

4.3 Zpracování dat

K uložení dat jsem využila databázový program Turboveg for Windows (Hennekens & Schaminée 2001). Dále jsem data převedla do Juice 7.0 (Tichý 2002), kde jsem odstranila duplicity a chyby vzniklé přepisem.

4.3.1 Studium vlivu dlouhodobého sešlapu na vegetaci

K vzájemnému porovnání druhové bohatosti rostlin mezi ochozy a kontrolou byl použit celkový počet cévnatých druhů ve snímcích. Snímky s různou vzdáleností od ochozu byly mezi sebou porovnány analýzou variance (ANOVA) v programu R for Windows (R Core Team 2012). Dále jsem analýzou variance porovnávala množství stařiny mezi všemi snímky, množství holé půdy a množství stařiny v závislosti na přítomnosti mraveniště.

V programu MS Excel jsem vytvořila tabulky kódující druhy rostlin a jejich pokryvnost a data o prostředí. Pozici snímku v rámci transektu jsem kódovala binárně, kdy 1 představuje přítomnost snímku, 0 nepřítomnost. Obdobně jsem kódovala také individuální označení každé plochy. Takto připravené matice jsem využila při mnohorozměrné analýze v programu Canoco 5.0 (ter Braak & Šmilauer 2012). Délka gradientu byla zjištěna pomocí nepřímé ordinace – DCA (Detrended Correspondence Analysis). Na základě délky gradientu byla provedena volba unimodální metody CCA (Canonical Correspondence Analysis) podle Lepše & Šmilauera (2000). CCA analýzou jsem zjišťovala vliv pozice snímku v transektu na druhové složení rostlin. Při této analýze jsem použila všech 32 transektů. Dále jsem CCA analýzou zjišťovala vliv množství stařiny a výšky vegetace na druhové složení. Taktéž CCA analýzou jsem zjišťovala vliv frekvence průchodů na jednotlivých plochách na druhové složení rostlin na těchto plochách. Frekvence průchodů byla vypočítána jako množství průchodů dělené počtem dní, po kterých byla na ploše fotopast umístěna.

4.3.2 Studium vlivu zavedení / vyloučení sešlapu

K vzájemnému porovnání druhové bohatosti rostlin mezi jednotlivými roky byl použit celkový počet cévnatých druhů ve snímcích. Snímky s různým způsobem nakládání byly mezi sebou porovnány analýzou variance (ANOVA) v programu R for Windows (R Core Team 2012). Dále jsem analýzou variance porovnávala rozdíl mezi ochozem a snímky mimo ochoz bez ohledu na způsob nakládání se snímky.

Stejným způsobem jako u transektů jsem vytvořila tabulky kódující druhy rostlin, jejich pokryvnost a data o prostředí i pro transplantační experiment. Pozici snímku na ochozu či mimo něj jsem kódovala binárně, kdy 1 představuje ochoz, 0 mimo ochoz. Typ nakládání se snímkem jsem kódovala písmeny K, M, D (K = kontrola, M = drn vykopán ponechán, D = drn prohozen). Rok jsem kódovala čísly 1, 2, podle toho, ve kterém roce byl čtverec snímkován. Takto připravené matice jsem použila při mnohorozměrné analýze v programu Canoco 5.0 (ter Braak & Šmilauer 2012). Délka gradientu byla zjištěna pomocí nepřímé ordinace – DCA (Detrended Correspondence Analysis). Na základě délky gradientu byla provedena volba unimodální metody CCA (Canonical Correspondence Analysis) podle Lepše & Šmilauera (2000). CCA analýzou jsem zjišťovala vliv zavedení/vyloučení sešlapu ve snímcích D, reakci vegetace na samotné vykopání ve snímcích M a proměnlivost vegetace v rámci let ve snímcích K. Analýzou variance (ANOVA) byla zjišťována alfa-diverzita snímků mezi lety. Pomocí PCoA (Principal Coordinates Analysis) jsem zjišťovala podobnost snímků v rámci managementu v obou letech pro zjištění míry beta-diverzity.

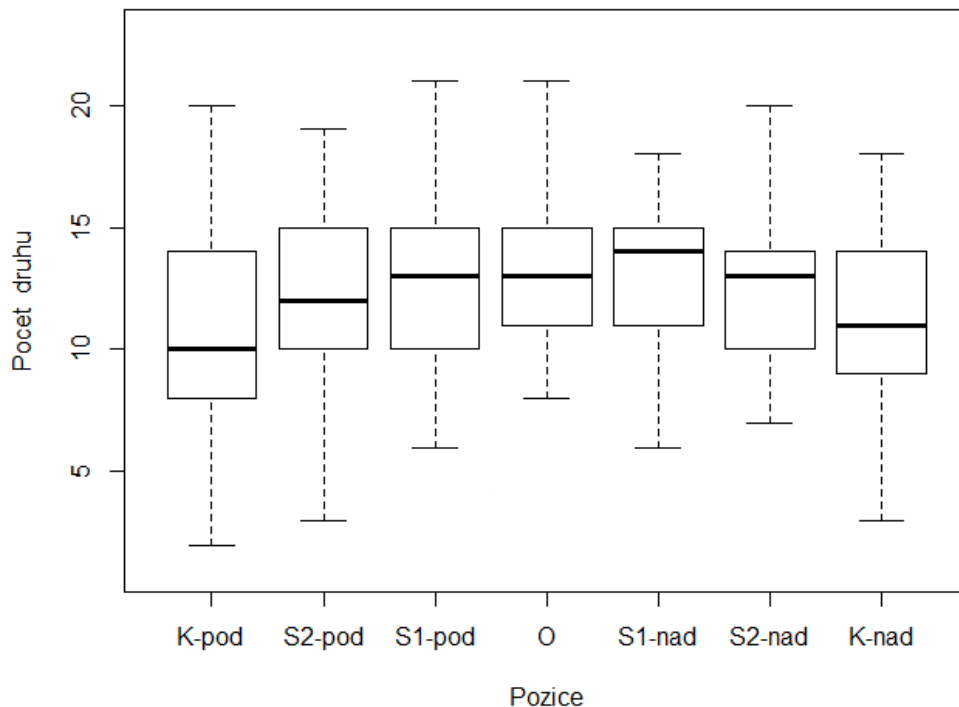
5. Výsledky

5.1 Studium vlivu dlouhodobého sešlapu na vegetaci

5.1.1 Počet druhů rostlin

Ve všech snímcích transektů bylo dohromady určeno 122 druhů cévnatých rostlin. Pro analýzy byly použity zkratky rostlinných druhů, jejichž seznam je v Příloze 4.

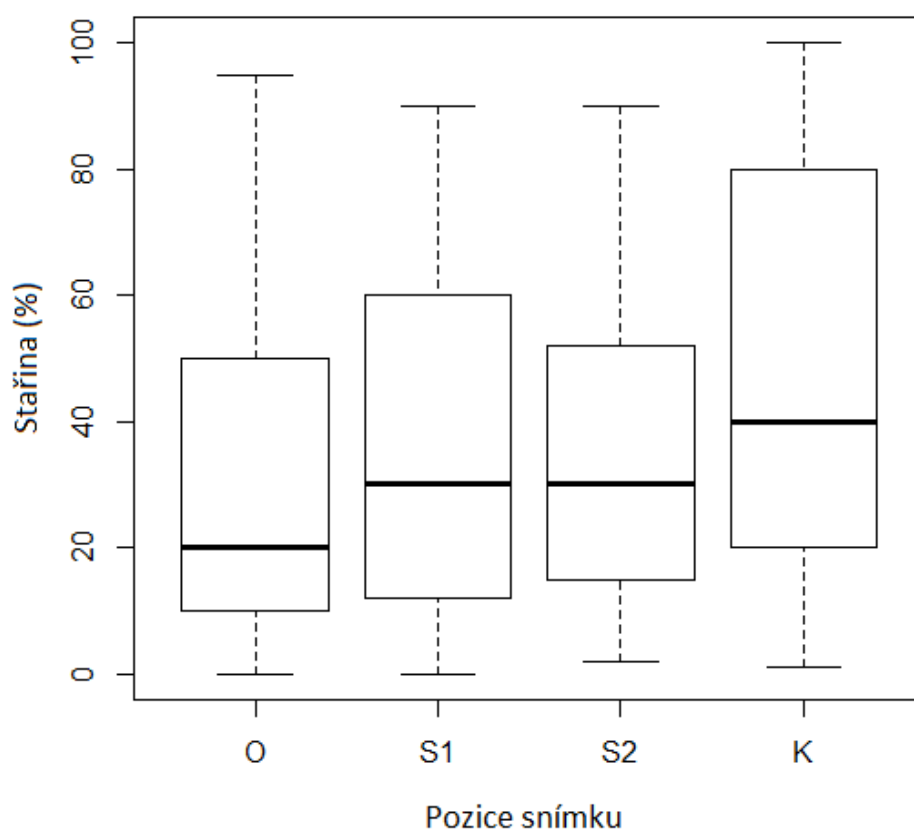
Nejdříve nás zajímalo, zdali se nějak liší počet druhů se vzdáleností od ochozu. Analýza variance (ANOVA) prokázala mírný vliv zvyšující se vzdálenosti snímku od ochozu na počet druhů rostlin (viz Obr. 7, $P = 0,001$). V grafu lze pozorovat mírný pokles počtu druhů rostlin v krajních (kontrolních snímcích), avšak mezi ostatními snímky jsou rozdíly nepatrné. Nejvíce se od sebe liší snímky S1-nad a K-pod.



Obr. 7: Srovnání počtu druhů rostlin v závislosti na pozici snímku v transektu – O = ochoz, S1 = 0-50cm od ochozu, S2 = 50-100 cm od ochozu, K = 200-250 cm od ochozu (ANOVA, $P = 0,00179$).

5.1.2 Stařina

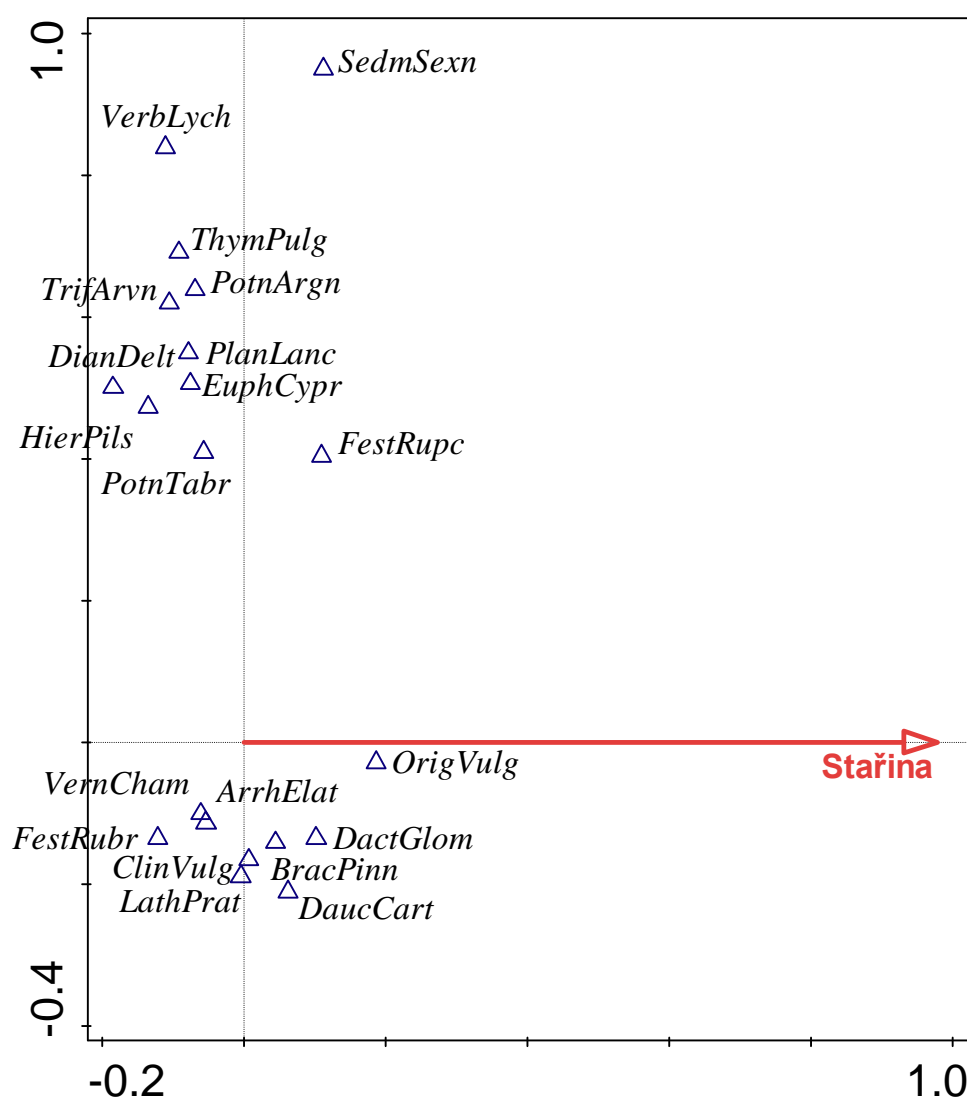
Jako další jsme se rozhodli otestovat, zdali se mění množství stařiny se vzdáleností od ochozu. Stařina byla měřena v procentech pokryvnosti. Se zvyšující se vzdáleností od ochozu se signifikantně množství stařiny mění (viz Obr. 8, $P = 0,025$). Největší množství stařiny se nachází v nejvzdálenějších snímcích od ochozu (kontrolách, K), tedy v těch nejméně ovlivněných selšapem. Naopak nejmenší množství stařiny se nachází přímo na ochozu (O).



Obr. 8.: Srovnání množství stařiny (%) v závislosti na pozici snímku v transektu – O = ochoz, S1 = 0-50cm od ochozu, S2 = 50-100 cm od ochozu, K = 200-250 cm od ochozu (ANOVA, $P = 0,025$).

Pro následující analýzu bylo nutné zvolit a otestovat kovariátu. Jako kovariátu pro jsem v tomto případě zvolila pozici snímku v transektu a otestovala jsem ji pomocí kanonické korespondenční analýzy (CCA). Test vyšel průkazně ($P = 0,002$, $F = 0,8$), samotná kovariáta vysvětluje 1,5% celkové variability.

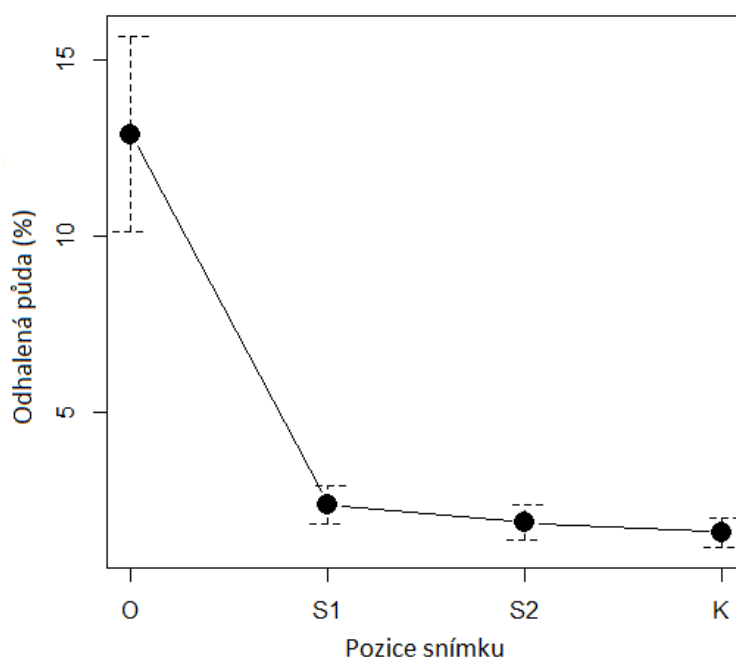
Vzhledem k tomu, že se liší množství stařiny se vzdáleností od ochozu, zajímalo nás, jak se s množstvím stařiny liší druhové složení vegetace. Kanonická korespondenční analýza (CCA) ukázala průkazný vliv množství stařiny na druhové složení rostlin ve vegetaci. Na ordinačním diagramu pro CCA analýzu (Obr. 9) je patrné, že mnoho rostlin preferuje menší množství stařiny pro svůj růst. Mezi rostliny, které se vyskytují ve snímcích s větším množstvím stařiny, patří např. dobromysl obecná (*Origanum vulgare*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), válečka prapořitá (*Brachypodium pinnatum*) a kostřava žlábkatá (*Festuca rupicola*). Model vysvětlil 1,4 % z celkové variability ($F = 4,7$; $P = 0,004$).



Obr. 9: Ordinační diagram kanonické korespondenční analýzy (CCA) pro vliv množství stařiny na druhové složení rostlin ($P = 0,008$). Vyneseno 20 druhů, které nejvíce přispívají k množství vysvětlené variability. Jako vysvětlující proměnná bylo použito množství stařiny (v %) a jako kovariáta pozice snímku v transektu.

5.1.3 Odhalená půda

Vegetace je vlivem kopyt procházejících zvířat rozvolňována a dochází k rozrývání půdy a následně k jejímu odhalování. Předpokládali jsme tedy, že se na ochozu bude objevovat mnohem více odhalené půdy, než v okolí. Rozhodli jsme se tento předpoklad otestovat pomocí analýzy variance. Vliv vzdálenosti od ochozu na procento odhalené půdy se projevil signifikantně (viz Obr. 10, $P = 0,005$). Ve snímcích ležících přímo na ochozu (O) se opravdu vyskytuje nejvíce odhalené půdy, mezi ostatními pozicemi je rozdíl nepatrný.



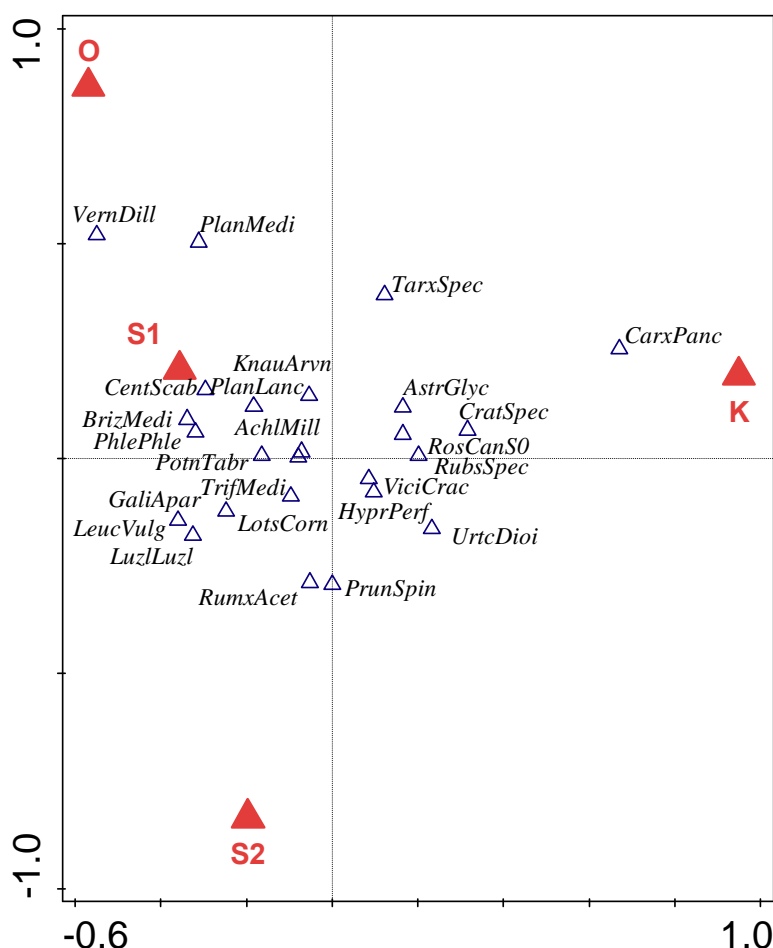
Obr. 10: Srovnání procenta odhalené půdy ve snímcích v závislosti na pozici snímku v transektu – O = ochoz, S1 = 0-50cm od ochozu, S2 = 50-100 cm od ochozu, K = 200-250 cm od ochozu (ANOVA, $P = 0,005$)

5.1.4 Vliv vzdálenosti od ochozu na druhové složení rostlin

Vzhledem k tomu, že vyšel průkazně vliv vzdálenosti od ochozu na počet druhů rostlin, jako následující krok jsme zvolili testování vlivu vzdálenosti od ochozu na druhové složení rostlin. Pro následující analýzu bylo nutno zvolit a otestovat novou kovariátu. Jako budoucí kovariátu jsem zvolila individuální označení plochy a otestovala jsem ji pomocí kanonické korespondenční analýzy

(CCA). Test vyšel průkazně ($P = 0,001$, $F = 3,4$), samotná kovariáta vysvětluje 1,5% celkové variability.

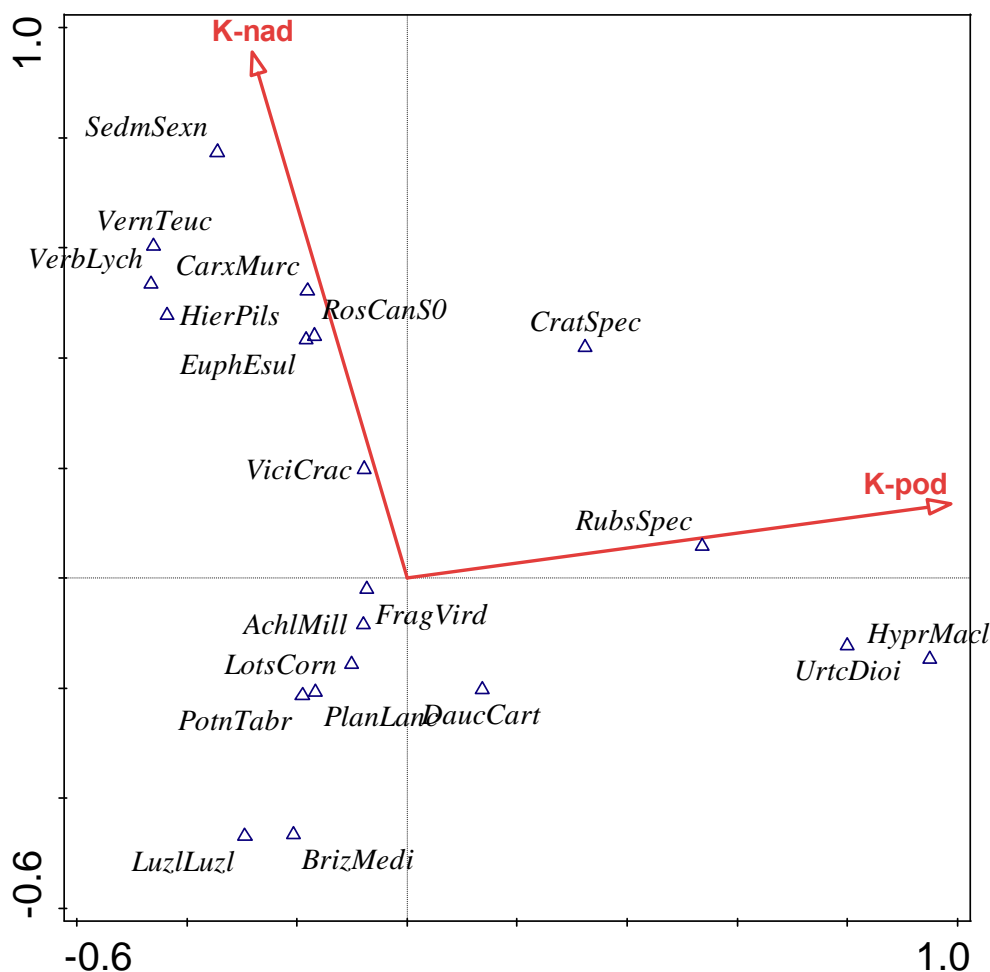
Výsledky permutačního testu ukázaly průkazný vliv vzdálenosti snímků od ochozu na změnu pokryvnosti druhového složení rostlin. Na ordinačním diagramu pro CCA analýzu (Obr. 11) jsou patrné určité trendy. Zatímco v nejvzdálenějších snímcích (K) se nacházejí semenáče a malí dospělci keřů, např. hloh (*Crataegus*), ostružiník (*Rubus*) a růže (*Rosa canina*), přímo na ochozu a v jeho těsné blízkosti se vyskytují druhy odolné vůči sešlapu, jako jsou jitrocel prostřední (*Plantago media*), jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*), rozrazil Dilleniův (*Veronica dillenii*), třeslice prostřední (*Briza media*), chrpa čekánek (*Centaurea scabiosa*) a bojínek Boehmerův (*Phleum phleoides*). Model vysvětlil 1,3% z celkové variability ($F = 1,2$; $P = 0,036$).



Obr. 11: Ordinační diagram CCA pro pozici snímku v transektu – O = ochoz, S1 = 0-50cm od ochozu, S2 = 50-100 cm od ochozu, K = 200-250 cm od ochozu. Vyneseno 25 druhů, které nejvíce přispívají k množství vysvětlené variability. Jako vysvětlující proměnná byla použita pozice snímků v transektu a jako kovariáta individuální označení plochy ($P = 0,036$).

Zajímalo nás, jak moc se liší vliv jednotlivých vzdáleností, proto jsme další kanonickou korespondenční analýzou (CCA) zjišťovali vliv vzdálenosti S1 a S2. Výsledky permutačního testu ukázaly průkazný vliv vzdálenosti snímků S1 a S2 na změnu pokryvnosti druhového složení rostlin ($F = 1,2$; $P = 0,036$). A také průkazný rozdíl ve druhovém složení na ochozu a v kontrolách ($F = 1,5$; $P = 0,004$).

Podle záznamů z fotopastí jsme nabyli dojmu, že se procházející zvířata pasou více směrem nad ochoz, tedy do svahu nahoru, než směrem pod ochoz. Proto jsem jako další testovala kanonickou korespondenční analýzou (CCA) vliv umístění nad a pod ochozem na druhové složení vegetace. Ukázalo se, že snímky S1 nad a pod ochozem se, co se týká druhového složení, neliší ($F = 0,8$; $P = 0,96$), S2 nad a pod ochozem se v druhovém složení také neliší ($F = 1,2$; $P = 0,144$) a jediné kontrolní snímky (K) se průkazně liší v závislosti na umístění nad ochozem a pod ochozem, viz Obr. 12 ($F = 2,1$; $P = 0,002$). Model vysvětlil 1,4% z celkové variability. V kontrolních snímcích pod ochozem se vyskytují keře (*Crataegus*, *Rubus*) a nitrofilní rostliny (*Urtica dioica*), zatímco v kontrolních snímcích nad ochozem se vyskytuje *Sedum sexangulare*, *Veronica teucrium* a další.

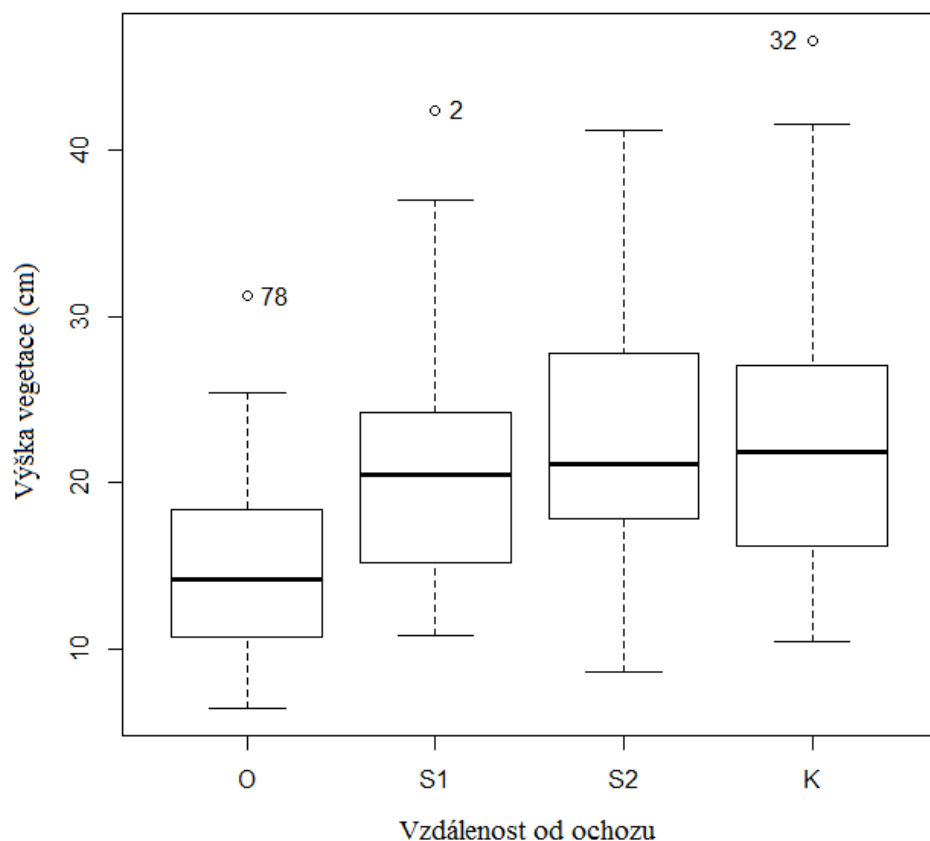


Obr. 12: Ordinační diagram kanonické korespondenční analýzy (CCA) pro vliv umístění kontrolního snímku nad a pod ochozem na druhové složení rostlin ($P = 0,002$). Vyneseno 20 druhů, které nejvíce přispívají k vysvětlenému množství variability. Jako vysvětlující proměnná bylo použito umístění K nad a pod ochozem, jako kovariáta individuální označení plochy.

5.1.5 Výška vegetace

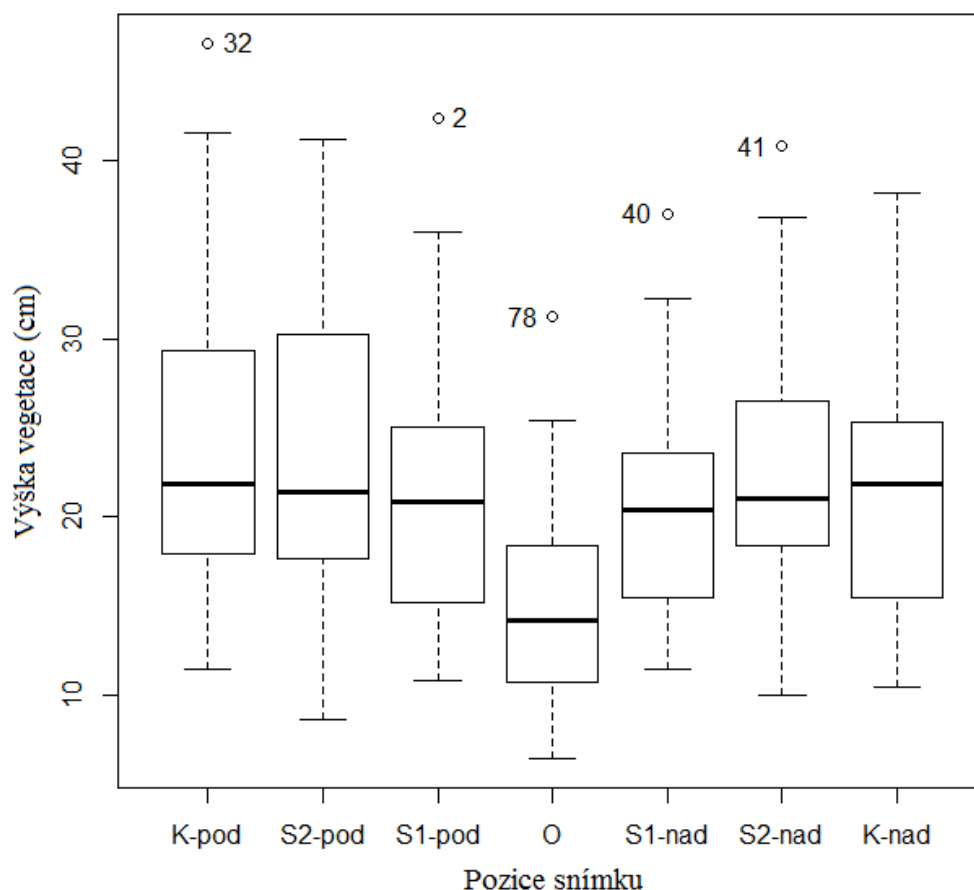
V dostupné literatuře jsme se dočetli, že se výrazně liší výška vegetace na sešlapávaných stanovištích od těch nesešlapávaných. Proto jsme pomocí další analýzy variance (ANOVA) prokázali vliv sešlapu na výšku vegetace ($F = 6,73$; $P = 0,00000119$) a následně pomocí kanonické korespondenční analýzy (CCA) vliv výšky vegetace na složení rostlinných druhů ve snímcích ($F = 3,0$; $P = 0,014$). V následujícím grafu (Obr. 13) je vidět výrazný rozdíl ve výšce vegetace s ohledem na vzdálenost od ochozu. Nejkratší vegetace v průměru kolem 15 cm se

nachází na ochozu, kolem 20 cm ve snímcích nejbližě ochozu (S1 a S2) a kolem 23 cm v kontrolních snímcích (K).



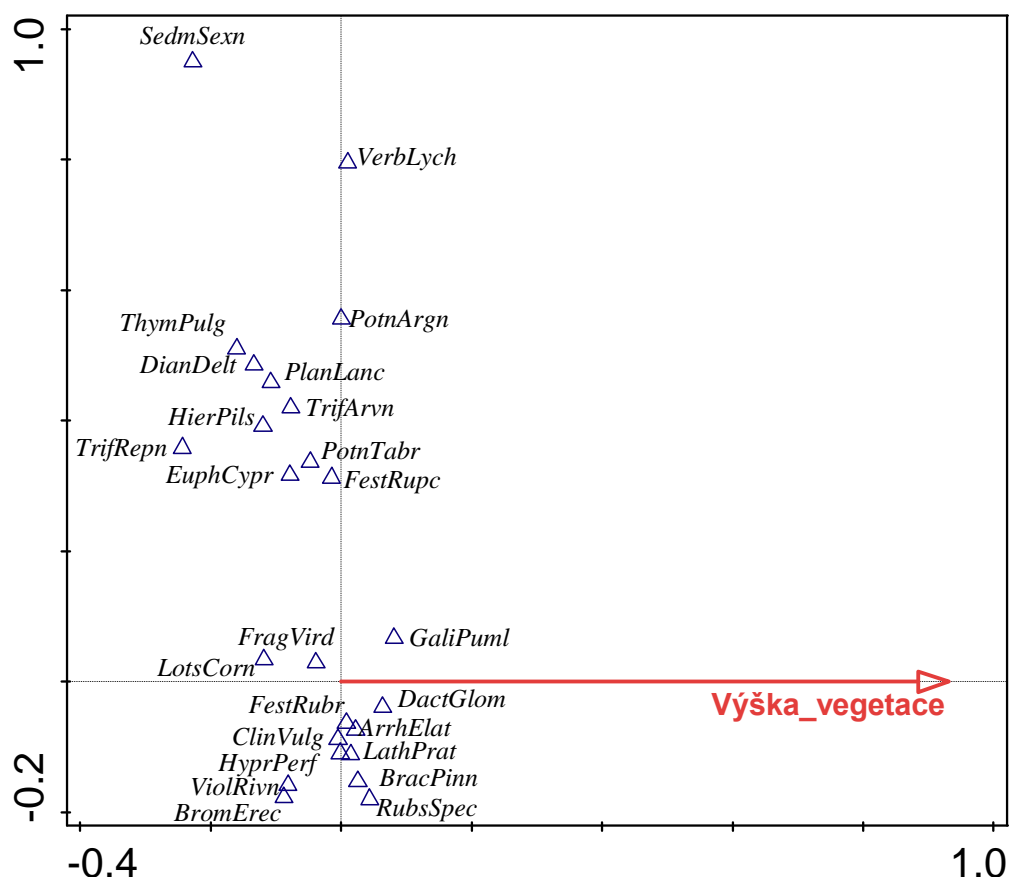
Obr. 13: graf výšky vegetace (cm) s ohledem na vzdálenost snímku od ochozu, bez rozdílu v pozici snímku v transektu – O = ochoz, S1 = 0-50cm od ochozu, S2 = 50-100 cm od ochozu, K = 200-250 cm od ochozu. Testováno pomocí ANOVA, $P = 0,00000119$.

Následující graf (Obr. 14) ukazuje rozdíl mezi snímky s ohledem na umístění snímku v transektu nad a pod ochozem. Je vidět, že ve snímku ležícím přímo u ochozu ve svahu nad ním roste kratší vegetace, než ve snímku ve stejné vzdálenosti, ale pod ochozem. I ostatní snímky umístěné ve svahu nad ochozem obsahují kratší vegetaci, oproti snímkům ve stejné vzdálenosti, ale umístěným ve svahu pod ochozem.



Obr. 14: Graf výšky vegetace (cm) s ohledem na pozici snímku v transektu – O = ochoz, S1 = 0-50cm od ochozu, S2 = 50-100 cm od ochozu, K = 200-250 cm od ochozu.

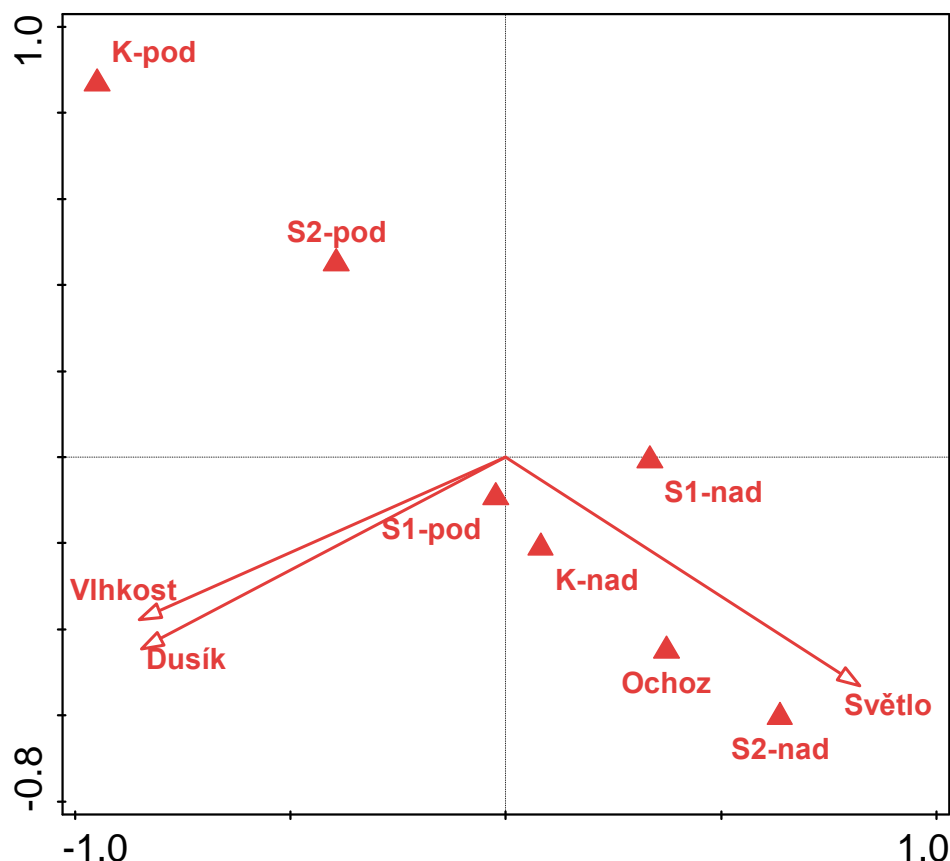
CCA analýza ukázala průkazný vliv výšky vegetace na druhové složení rostlin ve snímcích. Na ordinačním diagramu pro CCA analýzu (Obr. 15) je patrné, že se stoupající výškou vegetace se objevují druhy jako svízel nízký (*Galium pumilum*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), válečka prapořitá (*Brachypodium pinnatum*) a drobné keře jako je ostružiník (*Rubus* spp.). Zatímco druhy jako jestřábník chlupáček (*Hieracium pilosela*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), mateřídouška vejčitá (*Thymus pulegioides*) a rozchodník šestiřadý (*Sedum sexangulare*) se vyskytují spíše na plochách s nízkou vegetací. Model vysvětlil 1,1% z celkové variability ($F = 3,0$; $P = 0,014$).



Obr. 15: Ordinační diagram kanonické korespondenční analýzy (CCA) pro vliv výšky vegetace na druhové složení rostlin ($P = 0,014$). Vyneseno 25 druhů rostlin, které nejvíce přispívají k vysvětlenému množství variability. Jako vysvětlující proměnná použita výška vegetace, jako kovariáta pozice snímku v transektu.

5.1.6 Ellenbergovy hodnoty dusíku, vlhkosti a světla

Pomocí CCA analýzy jsem chtěla zjistit, jak se projeví množství dusíku, vlhkosti a světla získaných z Ellenbergových hodnot na rozmístění snímků. Pro zjištění Ellenbergových hodnot snímku jsem vzala hodnoty každé rostliny vyskytující se ve snímku a z nich jsem spočítala průměrnou vlhkost, světlo a živiny pro každý snímek zvlášť. Na ordinačním diagramu pro CCA analýzu (viz Obr. 16) je patrné, že na ochozu roste více světlomilných druhů, než v okolních snímcích a že v místech pod ochozem roste více druhů vyžadujících vlhkost a větší množství živin. Model vysvětlil 7,2% z celkové variability ($F = 2,5$; $P = 0,002$).

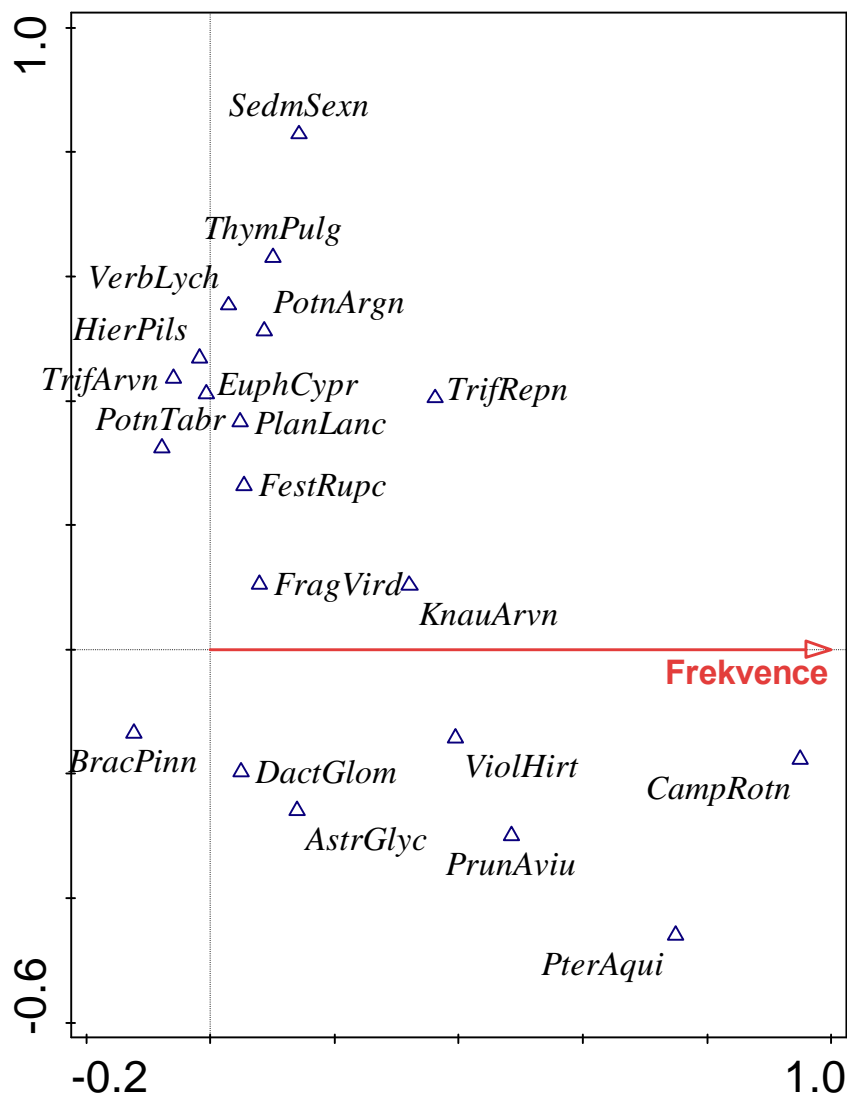


Obr. 16: Ordinační diagram kanonické korespondenční analýzy (CCA) pro vliv pozice snímku na množství světla, dusíku a vlhkosti (průměry z Ellenbergových hodnot). O = ochoz, S1 = 0-50 cm od ochozu, S2 = 50-100 cm od ochozu, K = 200-250 cm od ochozu.

5.1.7 Frekvence průchodů spárkaté zvěře

Při sledování video záznamů z fotopastí jsme zaznamenávali počet procházejících zvířat. S jejich pomocí jsme následně vypočítali frekvenci procházení na jednotlivých plochách za určitý čas (jeden den). Frekvence byla počítána vždy pro celou plochu, ne pro jednotlivé snímky v transektu. Zajímalo nás, jestli bude mít vyšší a nižší frekvence vliv na složení druhů rostlin na jednotlivých plochách. Pomocí kanonické korespondenční analýzy (CCA) jsme zjišťovali vliv frekvence průchodů na složení vegetace. Na ordinačním diagramu pro CCA analýzu (viz Obr. 17) je patrné, že na plochách s vyšší frekvencí průchodů divoké zvěře se vyskytuje více zvonku okrouhlolistého (*Campanula rotundifolia*), hasivky orličí (*Pteridium aquilinum*), chrastavce rolního (*Knautia arvensis*), jetele plazivého (*Trifolium repens*) a dalších rostlin. Naopak na

plochách s nižší frekvencí průchodů se vyskytuje více válečky prapořité (*Brachypodium pinnatum*). Model vysvětlil 2,4% z celkové variability ($F = 5,7$; $P = 0,02$).



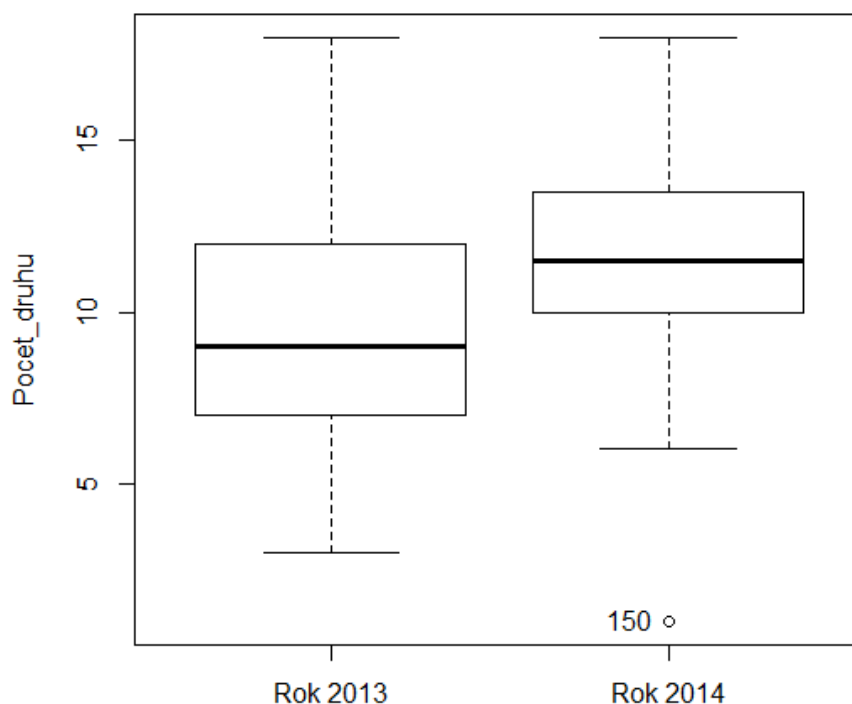
Obr. 17: Ordinační diagram kanonické korespondenční analýzy (CCA) pro vliv frekvence průchodů na druhové složení rostlin ($P = 0,02$). Vyneseno 20 druhů, které nejvíce přispívají k vysvětlenému množství variability. Jako vysvětlující proměnná byla použita frekvence průchodů.

Naším původním záměrem bylo při sledování záznamů z fotopastí určit jednotlivá zvířata do druhu, protože jak je známo z dostupné literatury, velikost zvířete, velikost kopyt a chování zvířete má odlišný vliv. Bohužel se nám kvůli kvalitě záznamů povedlo odlišit pouze prase divoké (*Sus scrofa*) od ostatních kopytníků. Ti byli následně všichni shrnuti do skupiny „kopytníci“ (Příloha 3).

5.2 Studium vlivu zavedení / vyloučení sešlapu

Pro studium vlivu zavedení a vyloučení sešlapu jsme založili v roce 2013 na 15 plochách transplantační experiment. Bohužel v dalším roce (2014) jich bylo znovu osnínkováno pouze 10. Zbylé plochy byly po zbytek roku 2013 a během roku 2014 kompletně zničeny činností lesníků (kácení stromů, vysekávání keřů). Ve dvou případech nebylo možné dohledat umístění hřebíků, kterými byly snímky označeny.

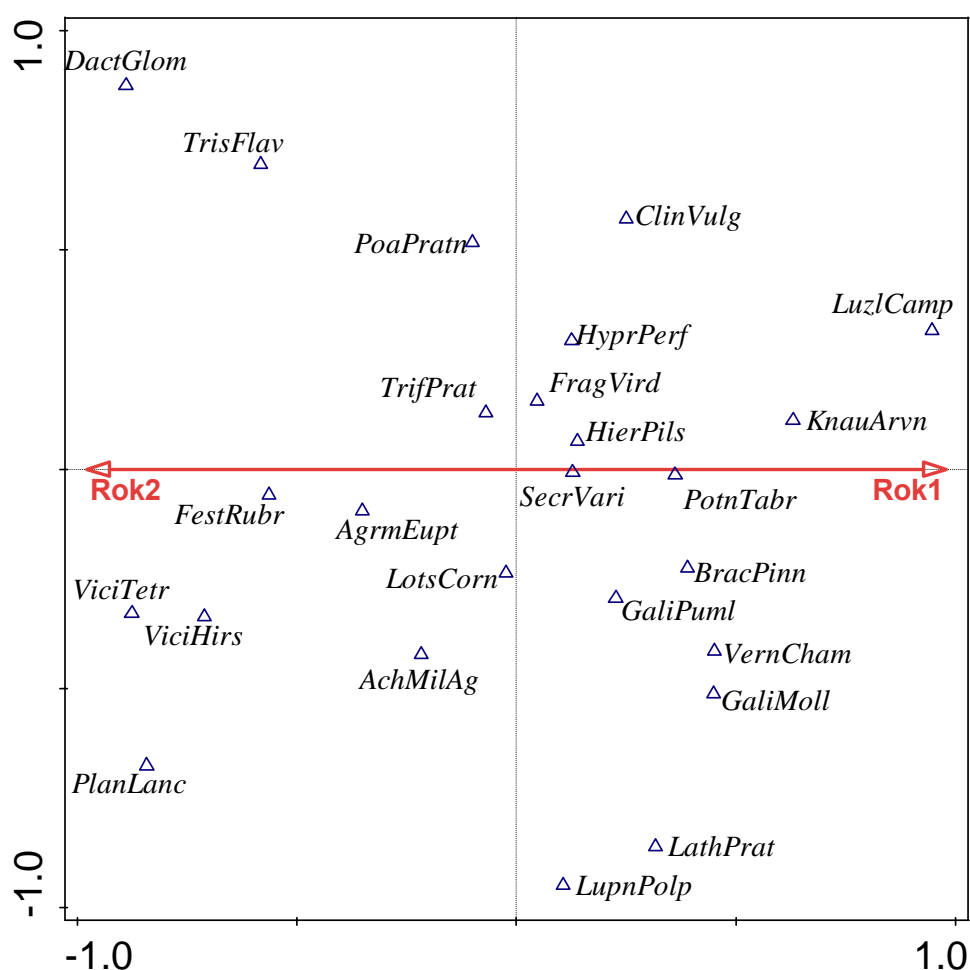
Všechny transplantované drny se ve vegetaci uchytily, žádný vlivem vykopání a přenesení na novou pozici neuhynul. Celkem bylo ve snímcích transplantačního experimentu určeno 88 druhů rostlin. Počet druhů rostlin je v roce 2013 prokazatelně nižší, než v roce 2014 (viz Obr. 18; $P = 0,00014$). Celkem bylo v prvním roce (2013) určeno 71 druhů rostlin a v druhém roce (2014) 79 druhů rostlin. Při testování jednotlivých managementů vyšel rozdíl mezi lety vždy průkazně, s tím, že v druhém roce bylo určeno více druhů.



Obr. 18: Počet druhů rostlin v závislosti na roce, bez ohledu na management. Testováno analýzou variance (ANOVA; $P = 0,00014$)

5.2.1 Druhové složení drnu při zavedení sešlapu

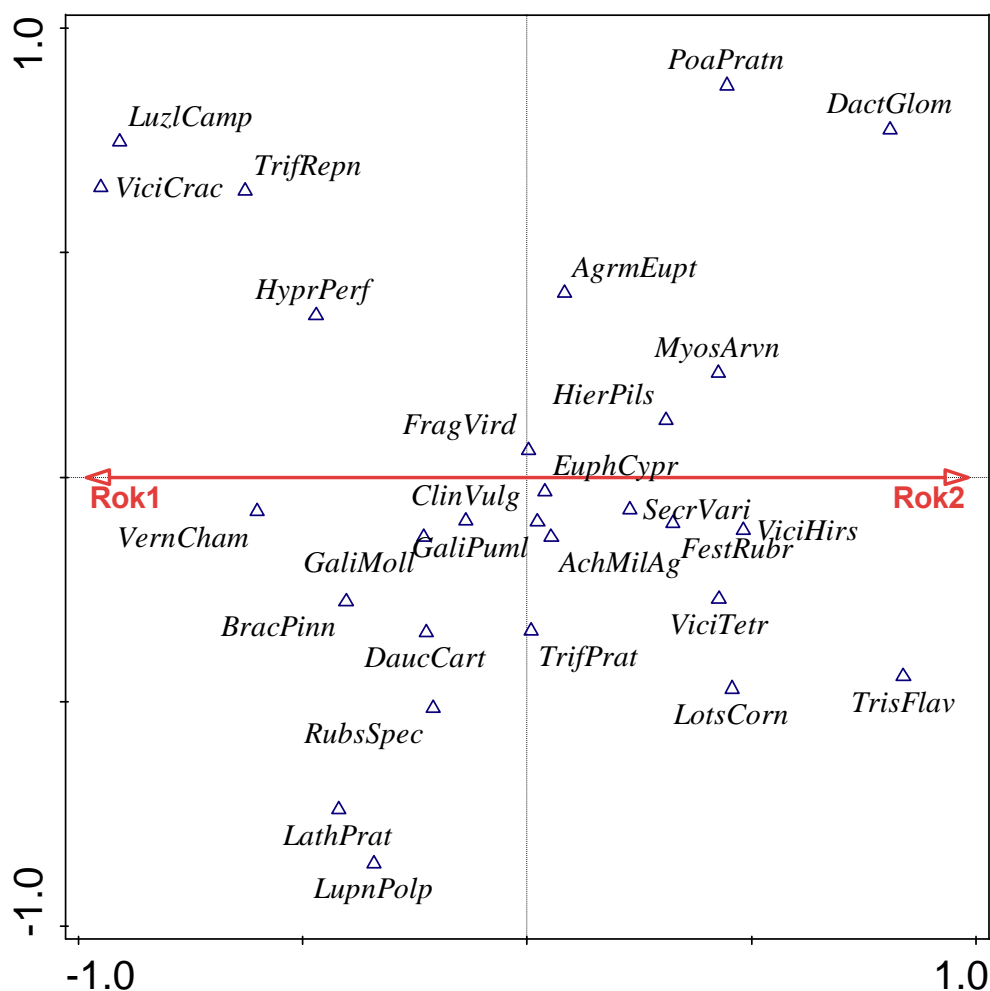
Zajímalo nás, jak se bude lišit druhové složení rostlin mezi prvním a druhým rokem ve snímčích, které byly vykopány mimo ochoz a přeneseny na ochoz a tím vystaveny sešlapu po dobu jednoho roku. Použitím kanonické korespondenční analýzy (CCA) jsme prokázali, že se druhové složení rostlin mezi roky liší. Na ordinačním diagramu pro CCA analýzu (Obr. 19) je patrné, že se na ochozu objevily druhy jako je víkev čtyřsemenná (*Vicia tetrasperma*), jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*) a zmizely druhy jako chrastavec rolní (*Knautia arvensis*), bika ladní (*Luzula campestris*) a mochna jarní (*Potentilla tabernaemontani*). Model vysvětlil 14,3% z celkové variability ($F = 2,7$; $P = 0,006$).



Obr. 19: Ordinační diagram kanonické korespondenční analýzy (CCA) pro druhové složení rostlin ve snímčích vykopaných mimo ochoz a přenesených na ochoz v roce 1 a 2. Jako vysvětlující proměnná byl použit rok a jako kovariáta individuální označení plochy. Graf zobrazuje 25 druhů s nejvyšší vahou.

5.2.2 Druhové složení drnu při vyloučení sešlapu

Stejně tak nás zajímalo, jak se bude lišit druhové složení rostlin v opačném případě, tedy při přenesení drnu se sešlapávanou vegetací mimo ochoz. CCA analýza ukázala, že se liší druhové složení mezi prvním a druhým rokem ve snímcích, které byly vykopány na ochozu a přeneseny mimo něj. Na ordinačním diagramu pro CCA analýzu (Obr. 20) je patrné, že se mimo ochoz objevily druhy jako je jestřábník chlupáček (*Hieracium pilosella*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*) a štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) a zmizely druhy jako bika ladní (*Luzula campestris*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), rozrazil rezekvítek (*Veronica chamaedrys*) a vikev ptačí (*Vicia cracca*). Model vysvětlil 16,7% z celkové variability ($F = 3,0$; $P = 0,006$).



Obr. 20: Ordinační diagram kanonické korespondenční analýzy (CCA) pro druhové složení rostlin ve snímcích vykopaných na ochozu a přenesených mimo ochoz v roce 1 a 2. Jako vysvětlující proměnná byl použit rok a jako kovariáta individuální označení plochy. Graf zobrazuje 25 druhů s nejvyšší vahou.

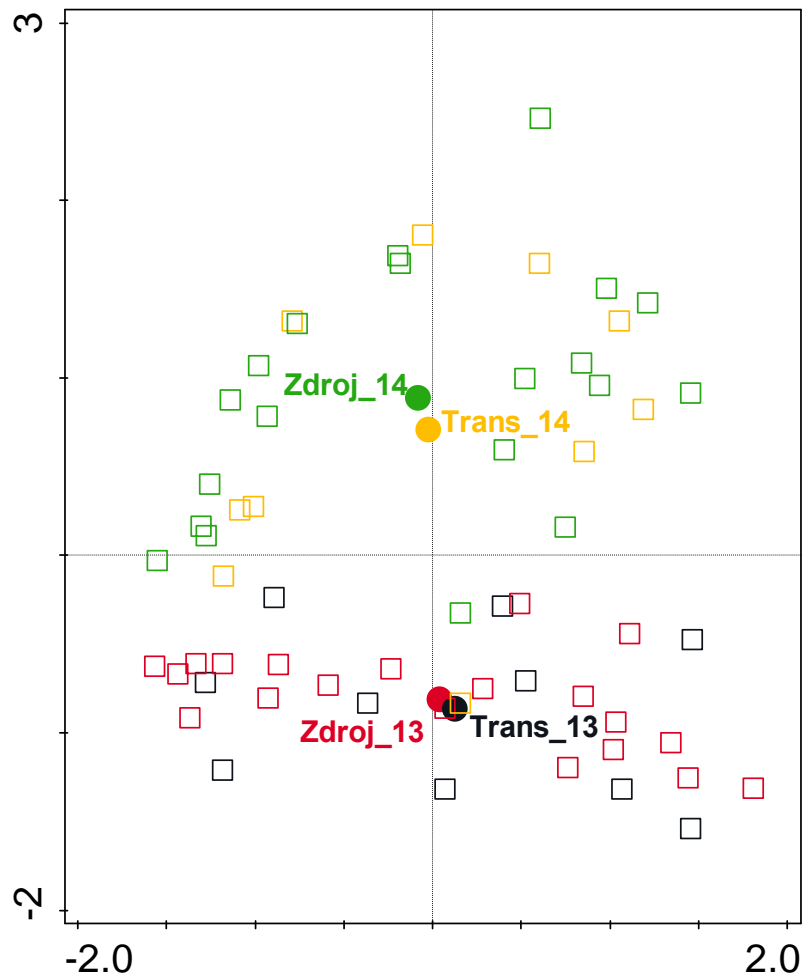
5.2.3 Zapojení prohozených drnů do vegetace v druhém roce

Pomocí kanonické korespondenční analýzy (CCA) jsem zjišťovala, jestli se po jednom roce od sebe navzájem liší snímky na ochozu, tedy snímky, které byly v prvním roce na ochozu se snímkem, který sem byl přenesen. Tato analýza vyšla neprůkazně ($P = 0,998$), tedy již po jednom roce se od sebe snímky nijak neliší. Zavedení sešlapu má vliv na vegetaci ve snímku již po jednom roce a tato vegetace se nijak neliší od okolní vegetace na ochozu.

Stejným způsobem jsem zjišťovala pomocí CCA analýzy, jestli se po jednom roce liší vegetace ve snímcích mimo ochoz. Tato analýza vyšla opět neprůkazně ($P = 0,936$), tedy již po jednom roce se od sebe snímky mimo ochoz nelišily. Již za jeden rok po vyloučení sešlapu se původně sešlapávaná vegetace neliší od okolní nesešlapávané vegetace.

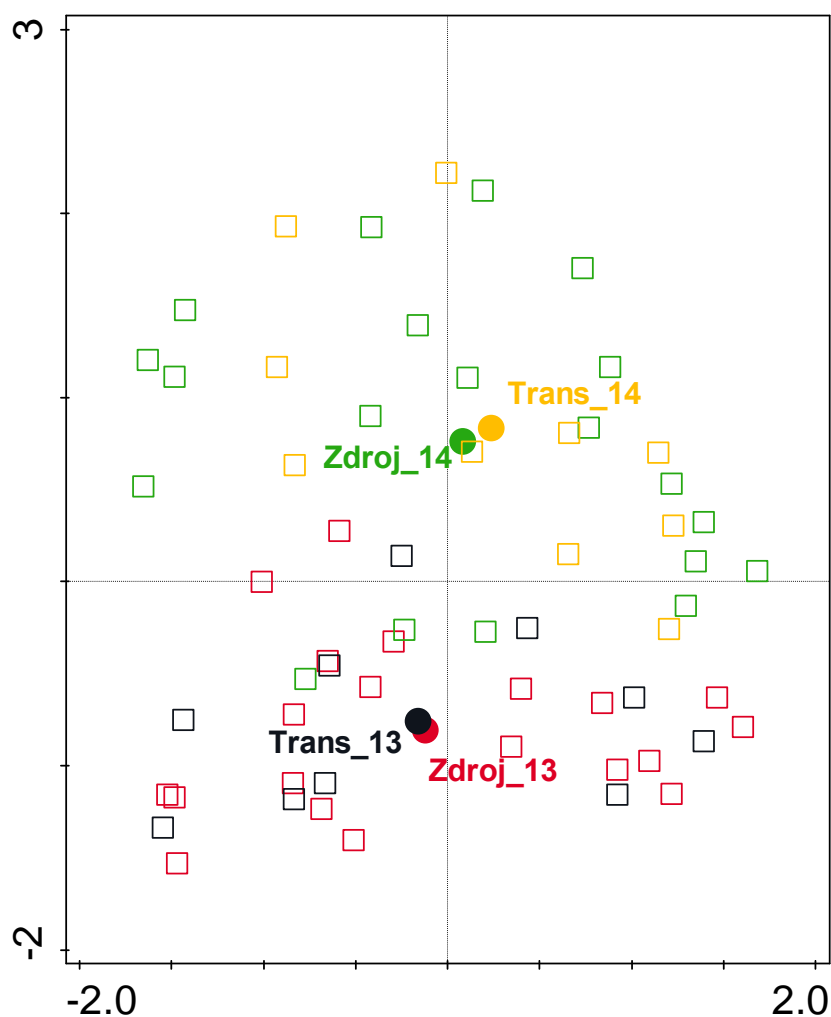
5.2.4 Změna vegetace mezi lety 2013 a 2014 po zavedení/vyloučení sešlapu

Pomocí analýzy hlavních koordinát (PCoA) za použití Bray-Curtisova indexu podobnosti jsem se snažila zjistit, jak se liší vegetace drnů přenesených na ochoz od zdrojové vegetace, tedy vegetace neovlivněné sešlapem (Obr. 21). Ordinační diagram ukazuje podobnost snímků s ohledem na míru beta diverzity při zavedení sešlapu, kdy byla použita metoda centroidů pro snímky ve zdrojové populaci v letech 2013 a 2014 a pro přenesené drny v letech 2013 a 2014. Ze skóru na 4 ordinačních osách v PCA jsem získala vzdálenost centroidů transplantovaných drnů od zdrojové vegetace v roce 2013 a v roce 2014. Vzdálenost centroidů v roce 2014 je nepatrně nižší, než v roce 2013. Mnohem větší je meziroční rozdíl, kdy vzdálenost centroidů transplantovaných drnů je větší, než vzdálenost centroidů zdrojové vegetace (Příloha 5).



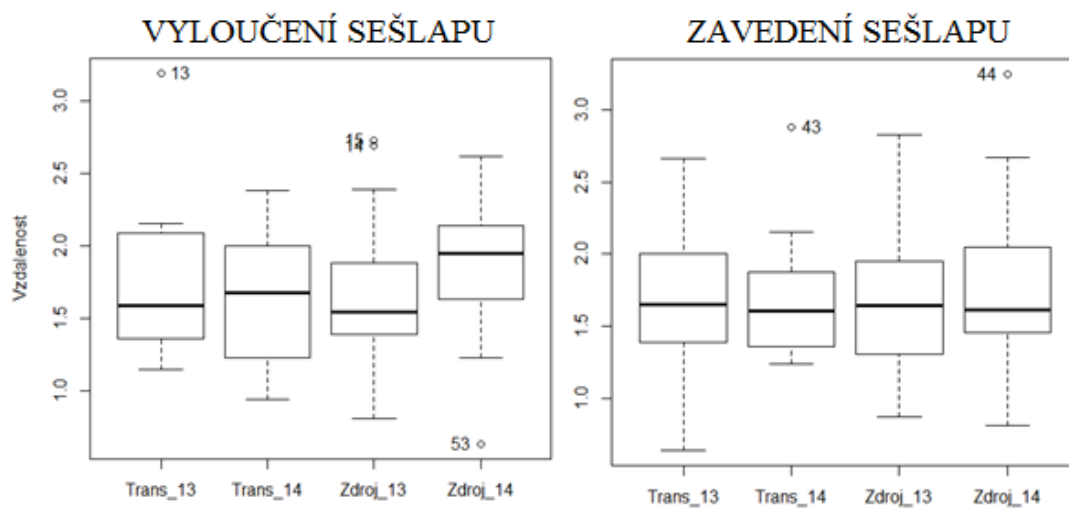
Obr. 21: Ordinační diagram analýzy hlavních koordinát (PCoA) ukazující změnu vegetace z roku 2013 na rok 2014 při zavedení sešlapu. Zdroj = snímky z neovlivněné vegetace (v roce 2013 a 2014), Trans = drny přenesené na ochoz z okolní vegetace (v roce 2013 a 2014).

Stejným způsobem jsem pomocí analýzy hlavních koordinát (PCoA) za použití Bray-Curtisova indexu podobnosti zjišťovala, jak se liší vegetace drnů přenesených mimo ochoz od zdrojové sešlapávané vegetace (Obr. 22). Ordinační diagram ukazuje podobnost snímků s ohledem na míru beta diverzity při zavedení sešlapu, kdy byla použita metoda centroidů pro snímky ve zdrojové populaci v letech 2013 a 2014 a pro přenesené drny v letech 2013 a 2014. Vzdálenost centroidů byla vypočítána ze skóre na 4 ordinačních osách v PCA. Vzdálenost centroidů transplantovaných drnů od zdrojové vegetace je opět v roce 2014 nižší, než v roce 2013. Větší je meziroční rozdíl, kdy centroidy transplantovaných drnů jsou vzdálenější, než centroidy zdrojové vegetace v roce 2013 a 2014 (Příloha 5).



Obr. 22: Ordinační diagramy analýzy hlavních koordinát (PCoA) ukazující změnu vegetace z roku 2013 na rok 2014 při vyloučení sešlapu. Zdroj = snímky ze sešlapávané vegetace (v roce 2013 a 2014), Trans = drny přenesené mimo ochoz ze sešlapávané vegetace (v roce 2013 a 2014).

Pro zjištění míry beta-diverzity jsem vzala podobnost snímků a zjistila jejich vzdálenost od příslušných centroidů a to pak otestovala pomocí analýzy variance (ANOVA) viz Obr. 23. Výsledek vyšel neprůkazně (pro vyloučení sešlapu $P = 0,508$, pro zavedení sešlapu $P = 0,944$).



Obr. 23: Grafy zobrazují rozdíl ve vzdálenosti snímků od centroidů jednotlivých skupin (Trans_13, Trans_14, Zdroj13, Zdroj_14). Testováno analýzou ANOVA.

6. Diskuze

6.1 Studium vlivu dlouhodobého sešlapu na vegetaci

6.1.1 Diskuze použité metody

Jednotlivé transekty byly umístěny v bezlesích s orientací na jih, které byly původně vybírány pro zcela jiné účely. Nicméně i v našem případě se daly využít, protože splňovaly námi předem stanovená kritéria. Navíc jsme díky předchozím pokusům na těchto bezlesích měli již na počátku videozáznamy z několika různých časových úseků, které nám velice usnadnily práci s hledáním umístění ochozů na jednotlivých plochách a s vypočítáním frekvence průchodů.

Pro zjištění vlivu sešlapu na vegetaci jsme zvolili použití transektu, tedy několika fytocenologických snímků v jedné linii. Tato metoda byla vybrána na základě předpokladu, že sešlap ovlivňuje vegetaci nejen na ochozu, ale i v jeho určité blízkosti, což bylo mnohokrát potvrzeno např. Cole (2004), Weaver & Dale (1978). Vzdálenost, do které sešlap ovlivňuje vegetaci, je nicméně diskutabilní.

Délka transektu byla vybrána na základě dat ze studie Weaver & Dale (1978), z jejichž výsledků vyplývá, že experimentální sešlap ovlivňuje vegetaci měřitelným způsobem do vzdálenosti 2 metrů. Ke stejným závěrům dospěli i Conradi et al. (2015), kteří testovali vliv dlouhodobého antropogenního sešlapu na vegetaci vápnitých trávníků v Národní rezervaci Garchinger Heide v Německu. Překvapivým zjištěním v jejich studii bylo, že se nijak nelišily snímky ve vzdálenosti 1,5 a 15 metrů od stezky co se týká složení rostlinných druhů.

Z tohoto důvodu jsme zvolili délku transektu 5,5 metru, tedy tak, aby se krajní snímky nacházely 2 metry na každou stranu od snímku na ochozu. Krajní snímky transektu při tomto experimentu sloužily jako kontroly zachycující vegetaci neovlivněnou sešlapem. Vzhledem k tomu, že je krajina tvořena jemnou mozaikou křovin a bezlesí, bylo velice obtížné umístit takto velký transekt na vybrané plochy tak, aby splňoval předem stanovené podmínky. Navíc je každé bezlesí křížováno více ochozy, než jen naším zaznamenávaným, některé ochozy jsou viditelné pouhým okem, jiné jsou ve vegetaci na první pohled nerozpoznatelné. Vlivem jiného typu hospodaření ve vojenském újezdu, než se

používá na volně přístupných místech ve zbytku České republiky a sníženým tlakem ze strany lovců, jsou zde mnohem vyšší stavy zvěře. Narazili jsme proto na problém, že se nejvzdálenější snímek transektu může přibližovat k jinému ochozu a tudíž může být ovlivněn sešlapem i z jiné strany, než z námi snímkaného ochozu. Tím pádem se vegetace na konci transektu nedá považovat za úplně neovlivněnou sešlapem, ale pouze za ovlivněnou nejméně.

6.1.2 Počet druhů rostlin

Počet druhů rostlin ve vegetaci je závislý na mnoha různých faktorech. Od dostupnosti vody, množství dostupných živin, množství kompetitorů, až po vliv různých disturbancí, třeba i sešlapu. V mnoha studiích bylo prokázáno, že sešlap může krátkodobě zvýšit druhovou diverzitu rostlin. Jak je to ale s dlouhodobým sešlapem a jeho vlivem na druhovou diverzitu? V našem případě jsme zjistili, že v pravidelně sešlapávané vegetaci se nalézají více druhů cévnatých rostlin, než v nesešlapávané vegetaci. Rozdíl v množství druhů sice není příliš výrazný, ale určitý trend se tu nachází (na sešlapávaném stanovišti je v průměru kolem 13 druhů rostlin, na nesešlapávaném je to o dva méně, tedy 11 druhů rostlin). Stejněho výsledku dosáhli i Hellström et al. (2003), kterým vlivem pastvy a sešlapu vzrostl počet druhů rostlin ze 14 na 18 během 5 let na polopřirozených trávnících na severu Finska. Sešlapávané stanoviště obsadily druhy menších bylin např. kokrhel menší (*Rhinanthus minor*), jetel luční (*Trifolium pratense*), ptačinec trávovitý (*Stellaria graminea*) a pampeliška (*Taraxacum* spp.) poté, co byly potlačeny vysoce kompetitivní druhy vysokých bylin a snížilo se množství stařiny.

Podobný trend ve zvýšení druhové diverzity na dlouhodobě sešlapávaném stanovišti zaznamenali i Schwabe et al. (2013). V jejich experimentu, který trval 12 let, se množství druhů rostlin na sešlapávaném stanovišti zvýšilo během prvních dvou let z 35 druhů rostlin na 50 druhů rostlin. Počet druhů rostlin pak v průběhu dalších let mírně klesal, ale pořád byl vyšší, než na nesešlapávaném stanovišti.

Vysvětlení tohoto mírného zvýšení druhové diverzity na sešlapávaném stanovišti je hned několik. Vlivem procházení zvířat dochází k narušování povrchu půdy, k odstranění biomasy dominantních druhů rostlin a k otevírání gapů pro uchycení nových druhů. Nové druhy navíc mají možnost se sem rozšířit právě pomocí procházejících herbivorů a to buď na jejich srsti, nebo v jejich trusu.

Druhým pohledem na věc může být to, že není více druhů na sešlapávaném stanovišti, ale méně druhů na nesešlapávaném. Na nesešlapávaném stanovišti se totiž mimo jiné vyskytuje i více stařiny, která zamezuje růstu jiných druhů. Ve shodě se studií Li et al. (2014) může stařina za určitých podmínek napomáhat při klíčení semenáčků. Stařina svojí přítomností udržuje v půdě stálou vlhkost a teplotu a svou dekompozicí zvyšuje množství živin v půdě. Tím může podporovat klíčení semenáčků a jejich růst na ochozu. Při příliš vysoké pokryvnosti stařiny však naopak dochází k inhibici semenáčků z důvodu nedostatku světla pronikajícího skrz stařinu. Stařina zde navíc působí jako mechanická bariéra, skrz kterou se semenáčům nedaří prorůst, proto se na nesešlapávaném stanovišti vyskytuje méně druhů rostlin.

6.1.3 Vzdálenost od ochozu

Vzdálenost od ochozu má vliv jak na množství stařiny, tak na množství holé půdy a stejně tak i na složení rostlinných druhů. Z výsledků je patrné, že sešlap výrazně ovlivňuje složení druhů nejen na ochozu, ale i v jeho těsné blízkosti, zatímco kontrolní snímky, o kterých v celé práci uvažujeme jako o neovlivněné, nebo méně ovlivněné vegetaci se od vegetace na ochozu výrazně liší. Vegetace ochozu obsahuje zejména druhy přizpůsobené sešlapu, jako jsou druhy s přízemními růžicemi listů, kde vrchní listy chrání ty spodní (*Plantago* spp.), nebo druhy s poléhavými lodyhami (*Trifolium repens*) a různé druhy hemikryptofytních trav. Stejně přizpůsobené druhy na sešlapávaných stanovištích suchých trávníků zaznamenal i Bates (1935). Nepřítomnost druhu na ochozu může být vysvětlena také tím, že zvěř se raději pase na ochozu, než mimo něj.

Pokud je druh rostliny pro procházející zvěř chutný, dojde k jeho zkonsumování a vymizení z vegetace ochozu dříve, než z okolní vegetace.

Naopak kontrolní snímky jsou pomalu zarůstány drobnými keři, jako je hloh, ostružiník a růže. Pokud by tedy nedocházelo k sešlapu, celé plochy by nejspíše zarostly těmito keři a diverzita stanoviště by se úplně změnila. Je tedy vidět, že pro udržení teplomilných trávníků je vliv volně žijících kopytníků více než nezbytný.

Většina ochozů, na kterých bylo prováděno snímkování transektu, vede po vrstevnici. Transekt umístěný kolmo k ochozu tedy kromě gradientu vzdálenosti od ochozu ukazuje také vliv sešlapu na vegetaci v rámci svahu, kdy se předpokládá, že vlivem eroze na ochozu dochází k vyplavování živin a jejich akumulaci ve spodních částech svahu. Stejně tak vlivem obnažování půdy dochází k větším výparům vody a jejímu stékání dolů. Není proto překvapením, že se odlišují kontrolní snímky umístěné v rámci svahu nad ochozem se snímky umístěnými pod ochozem.

Zatímco pro těsnou blízkost ochozu (1 m) nemá umístění nad a pod ochozem vliv na složení vegetace, u vzdálenějších kontrolních snímků se pod ochozem vyskytuje více nitrofilních druhů, jako je kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), a objevuje se zde více keřů (např. *Crataegus*, *Rubus*), právě z důvodů větší akumulace živin a vody oproti horní části svahu.

V horní části svahu se naopak objevuje více suchomilných druhů, jako je divizna knotovkovitá (*Verbascum lychnitis*), rozchodník šestiřadý (*Sedum sexangulare*), rozrazil ožankovitý (*Veronica teucrium*). Jsou to druhy nenáročné na živiny a vodu a snášející relativně vysoké teploty.

6.1.4 Stařina

Stařina (odumřelá biomasa) hraje důležitou roli v mnoha ekosystémech, má facilitační i inhibiční vliv na mnoho druhů rostlin, v závislosti na jejím množství. Množství stařiny se vlivem sešlapu procházejících živočichů výrazně mění. Naše výsledky ukázaly, že na ochozu a jeho okolí se vyskytuje stařina

s mnohem nižší pokryvností, než ve vzdálené nesešlapávané vegetaci. Na ochozu je v pokryvnost stařiny kolem 20% a mimo ochoz kolem 40%, tedy vlivem procházení zvířat došlo k poklesu o cca 20%. K podobnému výsledku dospěli i Schwabe et al. (2013) při studiu dlouhodobého vlivu pastevního managementu ovcí a oslů na vegetaci *Allio-Stipetum*, při kterém na pasených a sešlapávaných plochách během 12 let sledování výrazně poklesla pokryvnost stařiny až pod 5%, oproti nesešlapávaným plochám, kde byla pokryvnost stařiny neustále kolem 16%. I Kauffman et al. (1983), dospěli ve své studii vlivu pastevního managementu na pobřežní vegetaci k názoru, že absence sešlapu podporuje udržení husté vrstvy stařiny, zatímco sešlap spojený s pastvou způsobuje snížení množství stařiny. To je dáno nejspíše tlakem ze strany procházejících kopytníků, kteří vrstvu stařiny neustále přerývají svými kopyty a roznáší ji do okolí.

Druhou možností, proč tomu tak je, je i to, že na sešlapávaných stanovištích rostou druhy rostlin, které netvoří tolik odumřelé biomasy, jako rostliny mimo sešlapávaná stanoviště. Různé druhy rostlin produkují různé množství stařiny, jejíž rozklad trvá různě dlouhou dobu. Bylo prokázáno, že např. třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) produkuje obrovské množství stařiny, která zůstává ležet na povrchu země mnoho měsíců (Frouz et al. 2011). Vlivem pastvy a sešlapu se nicméně snižuje její pokryvnost a s ní se snižuje i množství stařiny, kterou produkuje (Schwabe et al. 2013).

Na podobných trávnících byla prováděna studie Jensen & Gutekunst (2003), kde byla zjišťována klíčivost 35 druhů rostlin trávníků. Všechny druhy měly pod vrstvou stařiny sniženou klíčivost, vyjma sveřepu měkkého (*Bromus hordeaceus*) a kostřavy luční (*Festuca pratensis*). Pod malou vrstvou stařiny (do 3 cm) jim vyklíčily druhy jako jetel luční (*Trifolium pratense*), bojínek luční (*Phleum pratense*) a čistec bahenní (*Stachys palustris*). V našem experimentu se ve snímcích s větší vrstvou stařiny vyskytovaly zejména druhy jako dobromysl obecná (*Origanum vulgare*), válečka prapořitá (*Brachypodium pinnatum*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), rozchodník šestiřadý (*Sedum sexangulare*) a i semenáče keřů měly možnost se uchytit, např. hloh (*Crataegus* spp) a růže (*Rosa canina*). Naopak ve snímcích s malou vrstvou stařiny se vyskytly spíše světlomilné druhy jako jsou jetel rolní (*Trifolium arvense*), hvozdík kropenatý (*Dianthus deltoides*), kostřava červená (*Festuca rubra*).

Podle Bosy & Reader (1995) má stařina některých graminoidů inhibiční vliv na klíčení semenáčků. Zjišťovali to na příkladu stařiny lipnice luční (*Poa pratensis*). Tím by se dalo vysvětlit snížené množství druhů ve snímcích s vysokým množstvím stařiny.

6.1.5 Odhalená půda

Na ochozech se vyskytuje více odhalené půdy, než v jejich okolí. Některé ochozy jsou právě díky množství odhalené půdy viditelné pouhým okem v okolní vegetaci. Procházející kopytníci rozrývají půdu svými kopyty a vytváří tak prostor pro klíčení nových druhů rostlin. Tvorbu gapů na sešlapávaných stanovištích sledoval již Ausden (2007). Díky těmto gapům se zde uchycují nové rostlinné druhy a obohacují tak vegetaci. Mohou se zde uchytit i kvůli snížení kompetice původních druhů, jak potvrdil Fenner (2000).

Nové druhy se sem mohou rozšířit pomocí procházejících zvířat, mohou vyklíčit ze semenné banky, která je v tomto typu vegetace bohatá, nebo se sem můžou dostat pomocí klonálního šíření. Díky otevřenému prostoru bez konkurence je právě pro klonálně šířící se druhy mnohem snazší se zde usadit (Bullock et al. 1995). Zástupci klonálně se šířících druhů rostlin, které nalezneme na ochozu, tedy místě s největším množstvím odhalené půdy, jsou např. jetel plazivý (*Trifolium repens*) a jahodník trávnice (*Fragaria viridis*). A dále druhy rostlin nejlépe přizpůsobené sešlapu, tvořící růžice, jako jsou např. jitrocele (*Plantago media*, *Plantago major*, *Plantago lanceolata*).

6.1.6 Výška vegetace

Výška vegetace je ovlivněna mnoha různými faktory, od těch základních, jako je množství dostupné vody a živin, po ty méně zřejmé, jako je sešlap a okus. Není překvapující, že na ochozu je výška vegetace nejnižší a ve vzdálených

kontrolách nejvyšší. Zajímavé však je, jak se liší výška vegetace vzhledem k tomu, jestli se nachází nad ochozem, nebo ve svahu pod ním. Výška vegetace je totiž přímo nad ochozem mírně nižší než přímo pod ochozem.

Z ostatních výsledků je patrné, že ve snímcích těsně pod ochozem se vyskytuje více nitrofilních rostlin, např. kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*). To je nejspíše způsobeno vlivem splachu živin z ochozu směrem dolů. Procházející kopytníci na ochoz defekují a vylučují urin, která se při rozkladu dostává do půdy a následně je při deštích splachována do dolních částí svahu. Větší množství živin pak má za důsledek vyšší vzrůst vegetace.

Možná očekávaným výsledkem je, že tam, kde je vyšší vegetace, je i větší množství mrtvé biomasy, tedy stařiny. Stařina zamezuje růstu nižších druhů, které nemají dostatek světla a umožní růst pouze druhům vyšším a silně kompetičním. To potvrzuje studie Loydi et al. (2014), ve které sledovali rostliny rodu *Festuca*, které dosahovaly vyššího vzrůstu právě se zvyšujícím se množstvím stařiny. Její silný kompetiční efekt měl za následek snížení biomasy semenáčků o 90%.

Další možností, proč je vegetace pod ochozem vyšší, než nad ním, je vliv eroze. Množství holé půdy se ale neliší s umístěním nad ochozem a pod ochozem. Vliv eroze by byl nejspíše větší v případě většího sklonu svahu. Sклон svahu na námi vybraných plochách ale vliv na množství holé půdy neměl, sklony svahu se v rámci vybraných 49 ploch příliš nelišily.

Již ve své studii Bates (1935) zmiňuje, že je známým faktem, že koně a ovce preferují pro pasení cestu, než ostatní části pole. Když toto poznání aplikujeme na volně žijící kopytníky, můžeme si při sledování desítek hodin videozáznamů z fotopastí povšimnout, že i oni se pasou spíše na ochozu, než mimo něj. Zajímavé vysvětlení různé výšky vegetace nad a pod ochozem tedy může, že procházející kopytníci se raději pasou na vegetaci ležící ve svahu nad ochozem, než pod ochozem (tedy pro pastvu nemusí tolik natahovat krk). Tato preference okusu a pastvy vegetace nad ochozem může mít tedy také za následek nižší výšku vegetace, oproti vegetaci pod ochozem, která tolik okusovaná není.

Se sešlapem a výškou vegetace souvisí i druhy rostlin, které se zde vyskytují. Prezence sešlapu nejvíce vyhovuje různým graminoidům a bobovitým,

zatímco vysoké byliny preferují vegetaci nesešlapávanou. Na sešlapávaném místě s nižší vegetací se vyskytovali jetel plazivý (*Trifolium repens*), jahodník trávence (*Fragaria viridis*), jetel ladní (*Trifolium campestre*), rozchodník šestiřadý (*Sedum sexangulare*), mateřídouška vejčitá (*Thymus pulegioides*), jestřábník chlupáček (*Hieracium pilosella*) a jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*). Podobné druhy rostlin sledovala na intenzivně sešlapávaném stanovišti Ludvíková et al. (2014) např. psineček obecný (*Agrostis capillaris*), lipnice obecná (*Poa trivialis*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), pampeliška (*Taraxacum* spp.), rozrazil rolní (*Veronica arvensis*), jitrocel velký (*Plantago major*).

Nižší vegetace nemusí nutně znamenat sešlapávanou vegetaci. Nižší vegetace se také vyskytuje v blízkém okolí mravenišť, která vegetaci jistým způsobem také ovlivňují. Z pozorování je patrné, že jsou mraveniště s oblibou porostlá právě mateřídouškou vejčitou (*Thymus pulegioides*). Avšak studium vlivu mravenišť na vegetaci není předmětem této práce.

Naopak rostliny, které se vyskytují ve vyšší vegetaci bez přítomnosti sešlapu, jsou svízel nízký (*Galium pumilum*), válečka prapořitá (*Brachypodium pinnatum*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*) a keře (*Rubus*, *Rosa*, *Crataegus*, *Prunus*). Přítomnost válečky prapořité a ovsíku vyvýšeného není překvapením, protože jsou jedněmi z dominantních druhů místní vegetace a dorůstají do relativně vysoké výšky. Co se týče přítomnosti keřů, vyšší vegetace umožňuje semenáčům se dobře uchytit, aniž by byly ohroženy sešlapem či okusem a vyrůst do potřebné velikosti prakticky bez povšimnutí.

6.1.7 Frekvence průchodů spárkaté zvěře

Jak víme, různá intenzita průchodů má na vegetaci odlišný vliv. Jinak se projeví krátkodobé procházení a jinak se projeví dlouhodobé procházení. Jiným způsobem se projeví nárazové sešlapávání vegetace a jiným způsobem pravidelné sešlapávání vegetace. I v našem případě jsme se rozhodli zjistit, jak se frekvence procházejících zvířat promítne do složení vegetace na plochách.

Frekvenci procházení jsme stanovili pomocí záznamů z fotopastí, které však byly na plochách umístěny vždy jen po určitou dobu a vzhledem k malému množství fotopastí bylo sledováno vždy jen několik ploch naráz v jednom období. Je pravděpodobné, že průchod kopytníků je ovlivněn ročním obdobím, obdobím říje, tak i vlivem počasí. Ze záznamů je patrné, že během říje a období vychovávání mláďat jsou některé plochy navštěvovány častěji, než jiné. Obzvláště vliv procházení prasat je mnohem větší během výchovy mláďat, protože matka vodí za sebou všechna svá mláďata, kterých může být i kolem desítky kusů.

Na plochách s vyšší frekvencí průchodů se vyskytuje mnohem více jetele plazivého (*Trifolium repens*), zvonku okrouhloho (*Campanula rotundifolia*), hasivky orličí (*Pteridium aquilinum*) a třešně ptačí (*Prunus avium*). Vyšší frekvence průchodů znamená větší vliv sešlapu a proto zde rostou více druhy adaptované na sešlap, jako jsou druhy tvořící výběžky (*Trifolium repens*). Na druhou stranu více průchodů znamená také větší možnost disperze semen v srsti nebo trávicím traktu zvířat. Tím se dá vysvětlit větší množství semenáčků třešně ptačí (*Prunus avium*), jejichž semena jsou v období zralosti plodů často nacházena v trusových peletách místních kopytníků.

Naopak na plochách s nižší frekvencí průchodů se vyskytuje válečka prapořitá (*Brachypodium pinnatum*), jetel rolní (*Trifolium arvense*), mochna jarní (*Potentilla tabernaemontani*). Se sníženým množstvím průchodů klesá i intenzita pastvy a okusu, tudíž se zde mohou udržet i chutné rostliny, které jsou na plochách s vyšší frekvencí průchodů ihned zkonzumovány.

6.2 Studium vlivu zavedení / vyloučení sešlapu

6.2.1 Diskuze použité metodiky

Zajímalo nás, jak bude dosud méně ovlivněná vegetace reagovat na zavedení sešlapu a naopak jak bude sešlapávaná vegetace reagovat na absenci sešlapu. Toto se dá experimentálně studovat mnoha různými způsoby.

Jako první se nabízí fyzické zamezení procházení po ochozu pomocí postavení bariéry. Nejčastěji je jako bariéra používáno postavení oplocenky, kde je sledována nesešlapávaná a neokusovaná vegetace uvnitř a sešlapávaná okolo, kudy nadále procházejí zvířata (Köster et al. 2013). Problém této metodiky je v tom, že nelze dopředu jasně stanovit, kudy zvířata budou oplocenou část obcházet. Z pozorování videozáznamů z fotopastí navíc víme, že často zvířeti ani pletivo plotu nezabrání v projití skrz. V takovém případě dojde k porušení plotu a poškození vegetace uvnitř oplocené části jak sešlapem, tak okusem. V případě oplocení části vegetace má na samotnou vegetaci vliv i postavený plot, který skýtá stín a výborné podmínky pro pnutí bobovitých rostlin.

Další možnou variantou je transplantace drnů, která se často používá při rekultivaci disturbovaných stanovišť a pro zvýšení jejich druhové diverzity (Klimeš et al. 2010). Nevýhodou transplantace drnů je jejich obtížná manipulace při přenosu drnu z jednoho místa na jiné a možnost neuchycení drnu na novém stanovišti a jeho následné uhynutí. Výhodou naopak je, menší zásah do krajiny, menší ovlivnění chování kopytníků a zcela přesné vymezení ploch, kudy prochází zvěř.

Pro náš experiment jsme nakonec vybrali metodu transplantace celých drnů. Velikost drnu byla zvolena $0,5 \times 0,5$ metru na základě několika studií zabývajících se přenosem a transplantací drnů, např. Klimeš et al. (2010) přenášel drny velikosti 40×40 cm z bohatých luk v Bílých Karpatech na ornou půdu. Uvedl tuto velikost drnu jako maximální možnou velikost, kterou lze přenášet ručně. V našem experimentu jsme ručně přenášeli drny ještě o 10 cm větší, a proto bylo občas potřeba některý drn rozdělit na polovinu, aby se dal snáze přenést. Velikost drnu byla zvolena i v souvislosti se šířkou ochozu tak, aby se do snímku vešel ochoz celou svou šíří.

Aradottir (2012) zkoumal, zdali má velikost drnu vliv při rekultivaci vegetace. Založil transplantační experimenty několika velikostí (5×5 cm, 10×10 cm, 20×20 cm a 30×30 cm) ze kterých zjistil, že pro rekultivaci keřů jsou lepší větší drny a pro rekultivaci travin stačí menší drny. V naší vegetaci se objevují jak traviny, tak byliny a menší keře, bylo proto nutné zvolit co možná největší snímek.

Snímky byly označeny hřebíky zatlačenými do země tak, aby vykukovala jen malá část, aby byly snáze dohledatelné pomocí detektoru kovu. Všechny drny se ve vegetaci uchytily tak, že již po jednom roce nebylo možné je pouhým okem rozeznat od okolní vegetace. Jak bylo napsáno již ve výsledcích, bohužel se nám právě proto v druhém roce nepodařilo dohledat úplně všechny snímky. To mohlo být způsobeno tím, že hřebíky klesly hlouběji pod povrch země, případně je překryla velká vrstva stařiny a detektor kovu je tak nebyl schopná zaznamenat. Druhou variantou je možnost, že hřebík vykoplo procházející zvíře a ten se tak dostal mimo prohledávanou plochu.

6.2.2 Vliv zavedení a vyloučení sešlapu

Vliv sešlapu na vegetaci byl mnohokrát popsán již v minulých kapitolách. Velice nás překvapilo, že se tento vliv projeví tak rychle. Již po jednom roce od zavedení sešlapu se neovlivněná vegetace začala podobat vegetaci na ochozu, tedy vegetaci pod dlouhodobým vlivem sešlapu. Oproti tomu mezi snímky na ochozu a přeneseným snímkem nebyl již po jednom roce nalezen průkazný rozdíl. V drnu s původně neovlivněnou vegetací začaly růst druhy přizpůsobené sešlapu (Kobayashi et al. 1997), jako jsou byliny tvořící růžice (jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*)) a bobovité rostliny (vikev čtyřsemenná (*Vicia tetrasperma*), vikev chlupatá (*Vicia hirsuta*)).

Naopak úplně vlivem sešlapu a okusu vymizely druhy jako je chrastavec rolní (*Knautia arvensis*), mochna jarní (*Potentilla tabernaemontani*), bika ladní (*Luzula campestris*).

Stejný trend jsme pozorovali i v opačném případě, kdy jsme sešlapávanou vegetaci přenesli do neovlivněné vegetace a došlo tedy k vyloučení sešlapu. Zde naopak vymizely vlivem konkurence druhy přizpůsobené sešlapu, např. jetel plazivý (*Trifolium repens*) a objevily se druhy kompetičně silnější, zejména graminoidy, jako jsou srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*), kostřava červená (*Festuca rubra*).

Z výsledků v druhém roce je patrné, že v obou případech vzrostlo množství graminoidů, což může být dáno vlivem mírně odlišného snímkování, ale také nejspíše díky vlivu posunutého snímkování a tedy i vlivem sezóny.

Velkým překvapením pro nás bylo, že se vegetace již po jednom roce začala podobat vegetaci, do níž byla transplantována. Vysvětlujeme si to tím, že se od sebe více liší vegetace v jednotlivých letech a zároveň je tento typ vegetace nucen na tlak ze strany herbivorů reagovat co možná nejrychleji. Určitý podíl na tak rychlém zapojení má i semenná banka, ze které při vyloučení sešlapu mají možnost vyrůst konkurenčně silnější druhy, zatímco při zavedení sešlapu naopak dostanou šanci i ti konkurenčně slabší, kteří jsou ale na sešlap přizpůsobeni.

6.2.3 Míra beta-diverzity

Z měření míry beta-diverzity jsme očekávali, že zdrojová vegetace se mezi lety nebude příliš lišit a naopak transplantované drny se v druhém roce budou výrazně lišit, jak ukazuje studie Klimeš et al. (2010). Jak je ale patrné z výsledků míry beta-diverzity, více se liší skupiny snímků mezi lety 2013 a 2014, bez ohledu jestli se jedná o zdrojovou nebo transplantovanou vegetaci. Takto velký rozdíl mezi lety je nejspíše způsoben časováním snímkování, vegetační sezónou a nejspíše také zlepšující se schopností určovat jednotlivé druhy rostlin.

Transplantační drny byly založeny v půlce května roku 2013, po dlouhé a chladné zimě, kdy vegetace touto dobou byla ještě spíše jarního rázu, zatímco snímkování drnů v druhém roce proběhlo až ke konci června 2014, kdy byla zima velice krátká a teplá a vegetace v červnu byla už spíše letního rázu. Bohužel nebylo možno osnímkovat transplantační experiment v druhém roce dříve, protože

ve vojenském újezdu probíhalo rozsáhlé cvičení a nebyl nám umožněn vstup do újezdu dříve, než právě v červnu. To způsobilo na první pohled velké rozdíly ve vegetaci a analýzy nám to pouze potvrdily.

Ze stejných důvodů se nejspíše liší počet druhů rostlin v prvním roce od druhého, přičemž v druhém roce bylo určeno více druhů rostlin, než v prvním roce. Bohužel vysoký rozdíl v počtu druhů mezi rokem 2013 a 2014 překryl jakýkoliv možný vliv zavedení / vyloučení sešlapu na počet druhů rostlin na ochozu a mimo ochoz.

7. Shrnutí

Na základě záznamů z fotopastí umístěných v modelovém území Doupovských hor byly vybrány plochy pro umístění transektů a transplantačního experimentu. Pomocí transektů jsme zjistili, že druhová diverzita na dlouhodobě sešlapávaném stanovišti (ochozu) a v jeho nejbližším okolí je mírně vyšší, než v nesešlapávané vegetaci.

Ochoz je typický větším množstvím odhalené půdy, menším množstvím stařiny a nižší výškou vegetace ve srovnání s kontrolní méně sešlapávanou vegetací. Na ochozu se vyskytuje více světlomilných druhů a druhů adaptovaných na sešlap, jako jsou sešlapu odolné traviny (*Phleum phleoides*), druhy s plazivými lodyhami (*Trifolium repens*), druhy s přízemními růžicemi (*Plantago lanceolata*) a také zoochorní druhy (*Prunus avium*). Tyto druhy však na ochozu nejsou unikátní, vyskytují se i v okolní vegetaci, akorát v menší míře.

Naopak mimo ochoz je vegetace mnohem vyšší, vyskytuje se zde více stařiny, méně odhalené půdy a půda zde obsahuje více živin a vody. I z toho důvodu zde rostou zejména keře (*Crataegus*, *Rubus*, *Rosa*) a vysoce kompetiční rostliny, jako jsou *Brachypodium pinnatum*, *Origanum vulgare*, *Lupinus polyphyllos*. Vliv na druhové složení rostlin mimo ochoz má i rozložení vegetace v rámci svahu. V dolní části svahu se vyskytuje více nitrofilních a vlhkomilných druhů (*Urtica dioica*), zatímco v horní části svahu spíše druhy schopné snášet vysychání a nedostatek živin (*Sedum sexangulare*).

Zavedení a vyloučení sešlapu pomocí transplantací drnů nepřineslo žádné neočekávané výsledky. Přenesené drny se uchytily ve vegetaci tak, že je nebylo možno od okolní vegetace rozeznat pouhým okem. Vegetace se novému managementu (sešlap / ponechání ladem) přizpůsobila již po jednom roce, přičemž větší rozdíl ve vegetaci způsobil odlišný rok, než zavedený management.

Zavedením sešlapu se na nově sešlapávaném drnu objevily druhy jako je *Plantago lanceolata* a *Vicia tetrasperma* a zmizely druhy jako *Knautia arvensis* a *Potentilla tabernaemontani*. Naopak vyloučením sešlapu se na drnu pocházejícím z ochozu po jednom roce objevily druhy *Hieracium pilosella* a *Lotus corniculatus* a zmizely druhy adaptované na sešlap jako je *Trifolium repens*.

8. Závěr

Důležitou součástí pro udržení vegetace teplomilných trávníků je právě sešlap a pastva volně žijících zvířat. Bez těchto disturbancí by travnatá bezlesí nejspíše zarostla křovinami, jak je vidět v kontrolních snímcích, kde se semenáče keřů začínají pomalu objevovat. Sešlap navíc potlačuje konkurenčně silné rostliny a otevírá tak nové možnosti pro konkurenčně slabší rostliny. Zároveň způsobuje přerývání a obnažování půdy, v důsledku čehož dochází k vysychání a k střídání extrémních teplot, což může být příznivými podmínkami pro různé druhy rostlin. Sešlap je rozhodně typ disturbance, který by neměl být zanedbáváný.

Otázka vlivu zvířecího sešlapu na vegetaci je vysoce složitá oblast zkoumání, v níž se stále vyskytuje mnoho mezer a možností. Předkládaná diplomová práce se zabývá jen některými otázkami, jež by však bylo vhodné doplnit dalším výzkumem. Doposud postrádáme znalosti o časové ose, jak dlouho zvířata danými lokalitami procházejí, jak se liší frekvence průchodů v zimě a v létě a jaký to má vliv na vegetaci, jaké druhy rostlin při procházení kopytníci okusují, jaký vliv mají kopyta zvířat na půdu v tomto typu vegetace, jak reagují konkrétní druhy rostlin na soubor činností spojených se sešlapem, atd. Některé odpovědi nelze velmi dobře zjistit, například chuťové preference zvířat jsou velmi vázány na roční období a na dostupnou druhovou skladbu rostlin. Vegetace navíc reaguje odlišně při samostatné procházení zvířat a při pastvě a dalších doprovodných činnostech. To vše by bylo potřeba dále zkoumat.

9. Přehled použité literatury

- Aradottir A. L. (2012) Turf transplants for restoration of alpine vegetation: does size matter? *Journal of Applied Ecology*, 49, 439-446.
- Ausden M. (2007) Habitat Management for Conservation, a Handbook of Techniques. *Oxford University Press*, New York.
- Bakker J.P., de Leeuw W., van Wieren S.E. (1983) Micro-patterns in grassland vegetation created and sustained by sheep grazing. *Vegetatio* 55, 153-161.
- Bates G. H. (1935) The vegetation of foot-paths, sidewalks, cart-tracks, and gateways. *Journal of Ecology*, 23, 470-487.
- Begon M., Harper J. L., Townsend C. R. (1997) Ekologie: jedinci, populace a společenstva. *Vydavatelství Univerzity Palackého*, Olomouc.
- Betteridge K., Mackay D. L., Shepherd A. D., Barker T. G., Budding D. J., Devantier P. J., Costall D. A. (1999) Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. *Australian Journal of Soil Research*, 37, 743-760.
- Bodmer R., Ward D. (2006) Frugivory in Large Mammalian Herbivores. In: Gordon I. & Prins H. (2008) The Ecology of Browsing and Grazing. *Springer, New York, Ecological Studies*, 19.
- Bullock J.M., Clear Hill B., Silvertown J., Sutton M. (1995) Gap colonization as a source of grassland community change: effects of gap size and grazing on the rate and mode of colonization by different species. *Oikos*, 72, 273-282.
- Chytrý M. (2010) Vegetace České republiky 1. Travinná a keříčková vegetace. Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation. *Academia*. Praha.
- Coffin D.P., Lauenroth W. K., Burke L. I. (1996) Recovery of Vegetation in a Semiarid Grassland 53 Years after Disturbance. *Ecological Applications*, 6 (2), 538-555.

- Cole D. N. (1987) Effects of Three Seasons of Experimental Trampling on Five Montane Forest Communities and a Grassland in Western Montana, USA. *Biological Conservation*, 40, 219-244.
- Cole D.N., Bayfield N.G. (1993) Recreational trampling of vegetation standard experimental procedures. *Biological Conservation*, 63, 209-215.
- Cole D. N. (1995) Experimental Trampling of Vegetation .2. Predictors of Resistance and Resilience. *Journal of Applied Ecology*, 32, 215-224.
- Cole D. N., Spildie D. R. (1998) Hiker, horse and llama trampling effects on native vegetation in Montana, USA. *Journal of Environmental Management*, 53, 61-71.
- Cole D. N. (2004) Impacts of hiking and camping on soils and vegetation; In Buckley R., Environmental impacts of ecotourism. *CABI Publishing*, New York, 41-60.
- Conradi T., Strobl K. Wurfer A.-L., Kollmann J. (2015) Impacts of visitor trampling on the taxonomic and functional community structure of calcareous grassland. *Applied Vegetation Science*, 18, 359-367.
- Cumming D. H. M., Cumming G. S. (2003) Ungulate community structure and ecological processes: body size, hoof area and trampling in African savannas. *Oecologia*, 134, 560-568.
- Češková A. (2011) Změny alpské vegetace pod vlivem různé mechanické disturbance na lokalitě Vysoká hole – Petrovy kameny. Diplomová práce depon. in Knihovna Katedry Ekologie a ochrany ŽP PřF UP, Olomouc.
- Danell K., Bergstrom R., Edenius L., Ericsson G. (2003) Ungulates as Drivers of Tree Population Dynamics at Module and Genet Levels. *Forest Ecology and Management*, 181, 67-76.
- DiTommaso A., Morris S. H., Parker J. D., Cona C. L., Agrawal A. A. (2014) Deer browsing delays succession by altering aboveground vegetation and belowground seed banks. *PloS one*, 9(3), p.e91155.

- Dostálek J., Frantík T. (2008) Dry grassland plant diversity conservation using low-intensity sheep and goat grazing management: case study in Prague (Czech Republic). *Biodiversity Conservation*, 17, 1439-1454.
- Dovrat G., Perevolotsky, A., Ne'eman, G. (2012) Wild boars as seed dispersal agents of exotic plants from agricultural lands to conservation areas. *Journal of Arid Environments*, 78, 49-54.
- Drhovská L. (2007) Význam historické struktury krajiny pro současnou vegetaci křovin. Diplomová práce depon. In Knihovna katedry botaniky PřF UK, Praha.
- Dunne T., Western D., Dietrich W. E. (2011) Effects of Cattle Trampling on Vegetation, Infiltration, and Erosion in a Tropical Rangeland. *Journal of Arid Environments*, 75, 58-69.
- Edmond D.B. (1963) Effects of treading perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) pastures in winter and summer at two soil moisture levels. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 6, 265-376.
- Facelli J. M., Pickett S. T. A. (1991) Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Botanical Review*, 57, 1-32.
- Fenner M. (2000) Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities. *CABI Publishing*, Wallingford, UK, 2.vydání, 331-359.
- Frouz J., Cajthaml T., Mudrák O. (2011) The effect of lignin photodegradation on decomposability of Calamagrostis epigeios grass litter. *Biodegradation*, 22, 1247-1254.
- Gallet S., Roze F. (2001) Resistance of Atlantic Heathlands to trampling in Brittany (France): influence of vegetation type, season and weather conditions. *Biological Conservation*, 97, 189-198.
- Gordon I., Prins H. (2008) The Ecology of Browsing and Grazing. *Springer, New York, Ecological Studies*, 19.

- Hejcman M., Auf D., Gaisler J. (2005) Year-round cattle grazing as an alternative management of hay meadows in the Giant Mts (Krkonoše, Karkonosze), the Czech Republic. *Ekologia-Bratislava*, 24, 419-429.
- Hellström K., Huhta A.-P., Rautio P., Tuomi J., Oksanen J., Laine K. (2003) Use of sheep grazing in the restoration of semi-natural meadows in northern Finland. *Applied Vegetation Science*, 6, 45-52.
- Hennekens S. M., Schaminée J. H. J. (2001) TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, 12, 589-591.
- Hiltbrunner D., Schulze S., Hagedorn F., Schmidt W. I., Zimmermann S. (2012) Cattle trampling alters soil properties and changes soil microbial communities in a Swiss Sub-alpine pasture. *Geoderma*, 170, 369-377.
- Horčíčková E. (2010) Vliv prasete divokého na vegetaci semixerotermních trávníků. Diplomová práce depon. in Knihovna katedry botaniky PřF UK, Praha.
- Jenešová K. (2010) Změny subalpínské a alpínské vegetace pod vlivem různé mechanické disturbance na lokalitě Mumlavská louka. Diplomová práce depon. in Knihovna katedry Ekologie a ochrany ŽP PřF UP, Olomouc.
- Jensen K., Gutekunst K. (2003) Effects of litter on establishment of grassland plant species: the role of seed size and successional status. *Basic and Applied Ecology*, 4, 579-587.
- Kauffman J.B., Krueger W.C., Vavra M. (1983) Effects of late season cattle grazing on riparian plant communities. *Journal of Range Management*, 36, 685-691.
- Kissling M., Hegetschweiler K. T., Rusterholz H. P., Baur B. (2009) Short-term and Long-term Effects of Human Trampling on Above-ground Vegetation, Soil Density, Soil Organic Matter and Soil Microbial Processes in Suburban Beech Forests. *Applied Soil Ecology*, 42, 303-314.

- Klimeš L., Jongepierová I., Doležal J., Klimešová J. (2010) Restoration of a species-rich meadow on arable land by transferring meadow blocks. *Applied Vegetation Science*, 13, 403-411.
- Kobayashi T., Hori Y., Nomoto N. (1997) Effects of Trampling and Vegetation Removal on Species Diversity and Micro-environment Under Different Shade Conditions. *Journal of Vegetation Science*, 8, 873-880.
- Köster E., Köster K., Aurela M., Laurila T., Berninger F., Lohila A., Pumpanen J. (2013) Impact of reindeer herding on vegetation biomass and soil carbon content: a case study from Sodankylä, Finland. *Boreal Environmental Research*, 18, 35-42.
- Lepš J., Šmilauer P. (2000) Mnohorozměrná analýza ekologických dat. České Budějovice. Biologická fakulta JČU v Českých Budějovicích.
- Li Q., Yu P., Chen X., Li G., Zhou D., Zheng W. (2014) Facilitative and Inhibitory Effect of Litter on Seedling Emergence and Early Growth of Six Herbaceous Species in an Early Successional Old Field Ecosystem. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-11.
- Loydi A., Donath T.W., Otte A., Eckstein R.L. (2014) Negative and positive interactions among plants: effects of competitors and litter on seedling emergence and growth of forest and grassland species. *Plant biology*, 17, 667-675.
- Ludvíková V., Pavlů V. V., Gaisler J., Hejcman M., Pavlů L. (2014) Long term defoliation by cattle grazing with and without trampling differently affects soil penetration resistance and plant species composition in *Agrostis capillaris* grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 197, 204-211.
- Majid I., Schütz M., Edwards P. J., Risch A. C., Scheidegger Ch., Wagner H. H. (2011) Seed dispersal in red deer (*Cervus elaphus* L.) dung and its potential importance for vegetation dynamics in subalpine grasslands. *Basic and Applied Ecology*, 12, 505-515.

- Menke J. W. (1992) Grazing and fire management for native perennial grass restoration in California grasslands. *Fremontia*, 20, 2-25.
- Meynhardt H. (1983) Mezi divočáky. 1.vydání, *Nakladatelství Panorama*, Praha.
- Moe S. R., Wegge P. (2007) Effectsofdepositionofdeerdung on nutrientredistribution and on soil and plant nutrients on intensivelygrazedgrasslands in lowland Nepal. *Ecological Research*, 23(1), 227-234.
- Mohr D., Cohnstaedt L. W., Topp W. (2005) Wild Boar and Red Deer Affect Soil Nutrients and Soil Biota in Steep Oak Stands of the Eiffel. *Soil Biology & Biochemistry*, 37, 693-700.
- Nováková J. (2008) Vegetation Changes in Prague's Suburban Forest During the Last 40 Years - Human Impact and Legislative Protection. *Urban Forestry & Urban Greening*, 7, 301-314.
- Pellerin S., Huot J., Cote S. D. (2006) Long Term Effects of Deer Browsing and Trampling on the Vegetation of Peatlands. *Biological Conservation*, 128, 316-326.
- Pickering C. M., Growcock A. J. (2009) Impacts of Experimental Trampling on Tall Alpine Herbfields and Subalpine Grasslands in the Australian Alps. *Journal of Environmental Management*, 91, 532-540.
- R Core Team (2012) R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna.
- Rakušan C. (2007) Myslivecká mluva. 1.vydání, *Druckvo, spol s.r.o.*, Praha.
- Raunkiaer C. Ch. (1934) The Life Forms of Plants and Statistical Plant. *Oxford University Press*.
- Roovers P., Verheyen K., Hermy M., Gulinck H. (2004) Experimental trampling and vegetation recovery in some forest and heathland communities. *Applied Vegetation Science*, 7, 111-118.

- Russell F. L., Zippin D. B., Fowler N. L. (2001) Effects of White-tailed Deer (*Odocoileus virginianus*) on Plants, Plant Populations and Communities: A Review. *American Midland Naturalist*, 146, 1-26.
- Rusterholz H.-P., Kissling M., Baur B. (2009) Disturbances by Human Trampling alter the Performance, Sexual Reproduction and Genetic Diversity in a Clonal Woodland Herb. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 11, 17-29.
- Schwabe A., Süss K., Storm Ch. (2013) What are the long-term effects of livestock grazing in steppic sandy grassland with high conservation value? Results from a 12-year field study. *Tuexenia*, 33, 189-212.
- Slavíková J. (1983) Ecological and vegetational differentiation of a solitary conic hill. *Academia*. Praha.
- Slavíková J. (1986) Ekologie rostlin. 1.vydání, *Státní pedagogické nakladatelství*, Praha.
- ter Braak C. J. F., Šmilauer P. (2012) Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0. Microcomputer Power, Ithaca, USA, 496 pp.
- Tichý L. (2002) JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13 451-453.
- Tschöpe O., Wallschläger D., Burkart M., Tielbörger K. (2011) Managing open habitats by wild ungulate browsing and grazing: a case-study in North-Eastern Germany. *Applied Vegetation Science*, 14, 200-209.
- Tyler G. (2003) Some ecophysiological and historical approaches to species richness and calcicole/calcifuge behaviour – contribution to debate. *Folia Geobotanica*, 38, 419-428.
- Vojta J. (2007) Relative importance of historical and natural factors influencing vegetation of secondary forests in abandoned villages. *Preslia*, 79, 223-244.

Weaver T., Dale D. (1978) Trampling Effects of Hikers, Motorcycles and Horses in Meadows and Forests. *Journal of Applied Ecology*, 15, 451-457.

10. Přílohy

PLOCHA	ZEM. ŠÍŘKA	ZEM. DÉLKA	PLOCHA	ZEM. ŠÍŘKA	ZEM. DÉLKA
1	50.30447	13.06660	32	50.30357	13.09752
2	50.30094	13.06011	33	50.30309	13.09641
3	50.30417	13.06330	34	50.30320	13.09377
4	50.30271	13.07830	35	50.30836	13.07171
5	50.30343	13.08005	36	50.30521	13.06403
6	50.30309	13.08282	37	50.30785	13.06538
7	50.30284	13.08237	38	50.30474	13.06008
9	50.29655	13.05883	39	50.30056	13.05885
12	50.29413	13.04817	40	50.30046	13.05771
13	50.29066	13.04739	41	50.30942	13.06118
14	50.29325	13.04692	45	50.31440	13.08288
16	50.28924	13.03576	47	50.31357	13.09049
17	50.29415	13.04435	48	50.31279	13.09410
19	50.28818	13.03796	49	50.31514	13.08240
20	50.28685	13.03553	50	50.31643	13.07644
22	50.28757	13.03796	51	50.31704	13.07866
23	50.28892	13.04999	52	50.31680	13.07645
24	50.28819	13.04582	54	50.28785	13.06534
25	50.29021	13.05525	55	50.29999	13.06788
26	50.28709	13.06086	56	50.29918	13.06729
27	50.28765	13.06065	57	50.29573	13.05695
28	50.29035	13.05518	58	50.31136	13.06584
29	50.29215	13.06802	59	50.31000	13.06651
30	50.29285	13.06322	60	50.30419	13.06807
31	50.30300	13.10213			

Příloha č. 1: Tabulka GPS souřadnice ploch, na kterých byly osnámkovány transekty.

PLOCHA	ZEM. ŠÍŘKA	ZEM. DÉLKA
8	50.29611	13.05520
12	50.29413	13.04817
37	50.30785	13.06538
41	50.30942	13.06118
44	50.31065	13.07321
45	50.31528	13.08241
46	50.31440	13.08288
51	50.31704	13.07866
58	50.31139	13.06587
59	50.31000	13.06657

Příloha č. 2: Tabulka GPS souřadnic ploch, na kterých byl založen transplantační experiment.

Číslo plochy	Časové období (den)	Kopytníci	Prase divoké	Počet průchodů
2	172	76	4	80
3	10	5	0	5
4	170	31	0	31
6	40	10	0	10
8	10	10	0	10
9	115	85	20	105
10	10	5	0	5
12	170	46	4	50
13	126	31	5	36
14	255	115	3	118
15	19	13	0	13
16	52	15	1	16
17	16	5	6	11
18	62	12	0	12
19	115	131	16	147
20	41	12	25	37
21	10	11	11	22
22	52	29	1	30
24	145	25	0	25
25	85	25	0	25
26	286	100	0	100
28	193	41	4	45
30	52	9	1	10
32	472	36	14	50
33	97	29	3	32
34	11	8	1	9
36	55	6	0	6
37	430	46	2	48
39	18	6	0	6
40	57	8	2	10
42	52	2	3	5
43	25	10	30	40
45	76	64	14	78
46	541	116	3	119
50	192	41	0	41
51	85	33	17	50
52	53	18	0	18
54	290	103	13	116
57	210	63	53	116
58	52	12	0	12
59	52	14	4	18
60	4	6	0	6

Příloha č. 3: Tabulka množství průchodů kopytníků (jelen evropský, jelen sika, muflon obecný a srnec obecný) a prasete divokého na různých plochách po dobu umístění fotopasti na ploše.

Druh	Zkratka	Výskyt	
		Transekt	Transplant
<i>Acinos arvensis</i>	<i>AcinArvn</i>	ano	ne
<i>Aegopodium podagraria</i>	<i>AegpPodg</i>	ano	ne
<i>Agrimonia eupatoria</i>	<i>AgrmEupt</i>	ano	ano
<i>Agrostis capillaris</i>	<i>AgrsCapl</i>	ano	ano
<i>Achillea millefolium</i>	<i>AchlMill</i>	ano	ano
<i>Alchemilla vulgaris</i>	<i>AlchVulg</i>	ano	ne
<i>Allium oleraceum</i>	<i>AlliOler</i>	ano	ano
<i>Allium vineale</i>	<i>AlliVine</i>	ano	ne
<i>Alopecurus pratensis</i>	<i>AlopPrat</i>	ano	ne
<i>Anagallis arvensis</i>	<i>AnagArvn</i>	ano	ne
<i>Anthemis tinctoria</i>	<i>AnthTinc</i>	ano	ne
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	<i>AnthOdor</i>	ano	ne
<i>Arabidopsis thaliana</i>	<i>ArabThal</i>	ne	ano
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	<i>ArenSerp</i>	ano	ne
<i>Arrhenatherum elatius</i>	<i>ArrhElat</i>	ano	ano
<i>Artemisia vulgaris</i>	<i>ArtmVulg</i>	ano	ne
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	<i>AstrGlyc</i>	ano	ano
<i>Avenella flexuosa</i>	<i>AvenFlex</i>	ne	ano
<i>Avenula pubescens</i>	<i>AvenPubs</i>	ano	ne
<i>Brachypodium pinnatum</i>	<i>BracPinn</i>	ano	ano
<i>Briza media</i>	<i>BrizMedi</i>	ano	ano
<i>Bromus erectus</i>	<i>BromErec</i>	ano	ano
<i>Calamagrostis epigejos</i>	<i>CalmEpig</i>	ano	ano

Druh	Zkratka	Výskyt	
		Transekt	Transplant
<i>Campanula persicifolia</i>	<i>CampPers</i>	ano	ne
<i>Campanula rotundifolia</i>	<i>CampRotn</i>	ano	ano
<i>Carex hirta</i>	<i>CarxHirt</i>	ano	ne
<i>Carex muricata</i>	<i>CarxMurc</i>	ano	ano
<i>Carex paniculata</i>	<i>CarxPanc</i>	ano	ne
<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Centscab</i>	ano	ano
<i>Cirsium vulgare</i>	<i>CirsVulg</i>	ano	ne
<i>Clinopodium vulgare</i>	<i>ClinVulg</i>	ano	ano
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>ConvArvn</i>	ano	ne
<i>Crataegus species</i>	<i>CratSpec</i>	ano	ano
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>DactGlom</i>	ano	ano
<i>Daucus carota</i>	<i>DaucCart</i>	ano	ano
<i>Dianthus deltoides</i>	<i>DianDelt</i>	ano	ano
<i>Echium vulgare</i>	<i>EchiVulg</i>	ano	ne
<i>Equisetum arvense</i>	<i>EquiArvn</i>	ne	ano
<i>Euphorbia cyparissias</i>	<i>EuphCypr</i>	ano	ano
<i>Euphorbia esula</i>	<i>EuphEsul</i>	ano	ano
<i>Euphrasia officinalis ssp. rostkoviana</i>	<i>EupOffSs</i>	ano	ne
<i>Festuca pratensis</i>	<i>FestPrt</i>	ano	ne
<i>Festuca rubra</i>	<i>FestRubr</i>	ano	ano
<i>Festuca rupicola</i>	<i>FestRupc</i>	ano	ne
<i>Fragaria vesca</i>	<i>FragVesc</i>	ano	ne
<i>Fragaria viridis</i>	<i>FragVird</i>	ano	ano

Druh	Zkratka	Výskyt		Druh	Zkratka	Výskyt	
		Transekt	Transplant			Transekt	Transplant
<i>Fraxinus excelsior</i>	FraxExcl	ne	ano	<i>Medicago lupulina</i>	MedcLupl	ano	ne
<i>Galium album</i>	GaliAlbm	ano	ano	<i>Melampyrum arvense</i>	MelmArvn	ano	ano
<i>Galium aparine</i>	GaliApar	ano	ano	<i>Myosotis arvensis</i>	MyosArvn	ano	ano
<i>Galium mollugo</i>	GaliMoll	ano	ano	<i>Origanum vulgare</i>	OrigVulg	ano	ano
<i>Galium pumilum</i>	GaliPuml	ano	ano	<i>Phleum phleoides</i>	PhlePhle	ano	ano
<i>Geranium pratense</i>	GernPrat	ano	ano	<i>Pimpinella saxifraga</i>	PimpSaxf	ano	ano
<i>Glechoma hederacea</i>	GlecHedr	ano	ne	<i>Plantago lanceolata</i>	PlanLanc	ano	ano
<i>Hieracium lachenalii</i>	HierLach	ano	ne	<i>Plantago major</i>	PlanMajr	ano	ne
<i>Hieracium pilosella</i>	HierPils	ano	ano	<i>Plantago media</i>	PlanMedi	ano	ano
<i>Hypericum maculatum</i>	HyprMacl	ano	ne	<i>Poa compressa</i>	PoaCompr	ano	ano
<i>Hypericum perforatum</i>	HyprPerf	ano	ano	<i>Poa pratensis</i>	PoaPratn	ano	ano
<i>Knautia arvensis</i>	KnauArvn	ano	ano	<i>Polygonatum odoratum</i>	PolgOdor	ano	ne
<i>Koeleria pyramidata</i>	KoePyrAg	ano	ano	<i>Potentilla argentea</i>	PotnArgn	ano	ano
<i>Lamium album</i>	LamiAlbm	ano	ne	<i>Potentilla reptans</i>	PotnRept	ne	ano
<i>Lathyrus pratensis</i>	LathPrat	ano	ano	<i>Potentilla tabernaemontani</i>	PotnTabr	ano	ano
<i>Lathyrus vernus</i>	LathVern	ne	ano	<i>Primula veris</i>	PrimVers	ne	ano
<i>Leucanthemum vulgare</i>	LeucVulg	ano	ano	<i>Prunella grandiflora</i>	PrunGran	ano	ne
<i>Linum catharticum</i>	LinmCart	ano	ne	<i>Prunus avium</i>	PrunAviu	ano	ano
<i>Lolium perenne</i>	LoliPern	ano	ano	<i>Prunus spinosa</i>	PrunSpin	ano	ano
<i>Lotus corniculatus</i>	LotsCorn	ano	ano	<i>Pteridium aquilinum</i>	PterAqui	ano	ne
<i>Lupinus polyphyllus</i>	LupnPolp	ano	ano	<i>Pyrus communis</i>	PyrsComm	ano	ne
<i>Luzula campestris</i>	LuzlCamp	ne	ano	<i>Quercus rubra</i>	QuerRubr	ano	ne
<i>Luzula luzuloides</i>	LuzlLuzl	ano	ne	<i>Ranunculus ficaria ssp. Nudicaulis</i>	RanFicSs	ne	ano
<i>Lythrum salicaria</i>	LythSalc	ano	ne	<i>Rosa canina</i>	RosCanS0	ano	ano

Druh	Zkratka	Výskyt	
		Transekt	Transplant
<i>Rubus species</i>	<i>RubsSpec</i>	ano	ano
<i>Rumex acetosa</i>	<i>RumxAcet</i>	ano	ano
<i>Rumex acetosella</i>	<i>RumxActs</i>	ano	ano
<i>Sanguisorba minor</i>	<i>SangMinr</i>	ano	ano
<i>Sanguisorba officinalis</i>	<i>SangOffc</i>	ne	ano
<i>Securigera varia</i>	<i>SecrVari</i>	ano	ano
<i>Sedum acre</i>	<i>SedmAcre</i>	ano	ne
<i>Sedum sexangulare</i>	<i>SedmSexn</i>	ano	ne
<i>Selinum carvifolia</i>	<i>SeliCarv</i>	ne	ano
<i>Senecio vulgaris</i>	<i>SencVulg</i>	ano	ne
<i>Silene nutans</i>	<i>SilNutS0</i>	ano	ano
<i>Silene vulgaris</i>	<i>SilnVulg</i>	ano	ne
<i>Stachys sylvatica</i>	<i>StacSylv</i>	ano	ne
<i>Stellaria graminea</i>	<i>StelGram</i>	ano	ne
<i>Stellaria holostea</i>	<i>StelHlst</i>	ano	ne
<i>Tanacetum vulgare</i>	<i>TancVulg</i>	ano	ano
<i>Taraxacum species</i>	<i>TarxSpec</i>	ano	ano
<i>Thymus pulegioides</i>	<i>ThymPulg</i>	ano	ano
<i>Torilis japonica</i>	<i>TorlJapn</i>	ano	ano
<i>Trifolium arvense</i>	<i>TrifArvn</i>	ano	ano
<i>Trifolium campestre</i>	<i>TrifCamp</i>	ano	ne
<i>Trifolium medium</i>	<i>TrifMedi</i>	ano	ano
<i>Trifolium pratense</i>	<i>TrifPrat</i>	ano	ano
<i>Trifolium repens</i>	<i>TrifRepn</i>	ano	ano

Druh	Zkratka	Výskyt	
		Transekt	Transplant
<i>Trisetum flavescens</i>	<i>TrisFlav</i>	ano	ano
<i>Urtica dioica</i>	<i>UrtcDioi</i>	ano	ano
<i>Verbascum lychnitis</i>	<i>VerbLych</i>	ano	ano
<i>Veronica arvensis</i>	<i>VernArvn</i>	ne	ano
<i>Veronica dillenii</i>	<i>VernDill</i>	ano	ne
<i>Veronica chamaedrys</i>	<i>VernCham</i>	ano	ano
<i>Veronica montana</i>	<i>VernMont</i>	ne	ano
<i>Veronica serpyllifolia</i>	<i>VernSerp</i>	ano	ne
<i>Veronica teucrium</i>	<i>VernTeuc</i>	ano	ano
<i>Vicia cracca</i>	<i>ViciCrac</i>	ano	ano
<i>Vicia hirsuta</i>	<i>ViciHirs</i>	ano	ano
<i>Vicia tetrasperma</i>	<i>ViciTetr</i>	ano	ano
<i>Viola arvensis</i>	<i>ViolArvn</i>	ano	ne
<i>Viola canina</i>	<i>ViolCani</i>	ano	ano
<i>Viola hirta</i>	<i>ViolHirt</i>	ano	ano
<i>Viola riviniana</i>	<i>ViolRivn</i>	ano	ano

Příloha 4: Seznam druhů rostlin vyskytujících se v transektech či transplantech.

	Rok 2013 (Zdroj_13, Trans_13)	Rok 2014 (Zdroj_14, Trans_14)	Zdrojová vegetace (Zdroj_13, Zdroj_14)	Přenesené drny (Trans_13, Trans-14)
Vyloučení sešlapu	0,34187	0,25414	1,66096	1,71285
Zavedení sešlapu	0,35468	0,25908	1,70185	1,71930

Příloha č. 5: Tabulka vzdálenosti centroidů v transplantačním experimentu při zavedení / vyloučení sešlapu.